

**MARCEL MOSCARELLI CORRÊA**

**DESENVOLVIMENTO ARQUITETURAL PARA A PREDIÇÃO INTRAQUADRO  
DO PADRÃO HEVC DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador:	Prof. Dr. Luciano Volcan Agostini
Coorientador:	Prof. Dr. Marcelo Schiavon Porto
Coorientador:	Prof. Dr. Bruno Zatt

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

C823d Corrêa, Marcel Moscarelli

Desenvolvimento arquitetural para a predição  
intraquadro do padrão HEVC de codificação de vídeos /  
Marcel Moscarelli Corrêa ; Luciano Volcan Agostini,  
orientador ; Marcelo Schiavon Porto, Bruno Zatt,  
coorientadores. — Pelotas, 2017.

146 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação  
em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico,  
Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. HEVC. 2. Codificação de vídeos. 3. Predição  
intraquadro. 4. Projeto de hardware. 5. Sistemas digitais. I.  
Agostini, Luciano Volcan, orient. II. Porto, Marcelo  
Schiavon, coorient. III. Zatt, Bruno, coorient. IV. Título.

CDD : 005

MARCEL MOSCARELLI CORRÊA

DESENVOLVIMENTO ARQUITETURAL PARA A PREDIÇÃO INTRAQUADRO  
DO PADRÃO HEVC DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação, Programa de Pós-Graduação em Computação, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 13 de fevereiro de 2017.

Banca examinadora:

.....  
Prof. Dr. Luciano Volcan Agostini (Orientador)  
Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....  
Prof. Dr. Marcelo Schiavon Porto (Coorientador)  
Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....  
Prof. Dr. Bruno Zatt (Coorientador)  
Doutor em Microeletrônica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....  
Prof. Dr. Cláudio Machado Diniz  
Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....  
Prof. Dr. Guilherme Ribeiro Corrêa  
Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Universidade de Coimbra

.....  
Prof. Dr. Felipe de Souza Marques  
Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul



À minha primeira professora.



*“O logras ser feliz con poco y liviano de equipaje,  
porque la felicidad está dentro tuyo, o no logras nada”*

José Mujica

## RESUMO

CORRÊA, Marcel Moscarelli. **Desenvolvimento Arquitetural para a Predição Intraquadro do Padrão HEVC de Codificação de Vídeos**. 2017. 146f.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A codificação de vídeo é uma área essencial atualmente devido ao crescente aumento do número de aplicações e dispositivos eletrônicos capazes de manipular vídeos digitais de alta resolução. Com o aumento da diversidade de aplicações e com o surgimento de resoluções muito grandes como UHD 4K (3840x2160 pixels) e UHD 8K (7680x4320 pixels), foi concebido o padrão HEVC, o mais recente padrão de codificação de vídeo elaborado pelos grupos ITU-T VCEG e ISO/IEC MPEG. O HEVC é capaz de atingir as mais elevadas taxas de compressão e qualidade visual dentre todos os padrões já desenvolvidos por estes grupos. Nos padrões de codificação de vídeo, a predição intraquadro é o módulo responsável por reduzir a redundância espacial entre amostras vizinhas dentro de um mesmo quadro. O padrão HEVC define diversas novas técnicas para a predição intraquadro, tornando-a muito mais eficiente e complexa. Esta dissertação apresenta o desenvolvimento arquitetural de soluções para o módulo de predição intraquadro do padrão HEVC com diferentes objetivos de taxa de processamento, qualidade de compressão, custo em área e dissipação de potência. Todas arquiteturas desenvolvidas foram descritas em VHDL e sintetizadas para tecnologia *NanGate* 45 nm 0,95 v. Os resultados mostram que as arquiteturas atingem seus diferentes objetivos individuais de utilização de recursos de hardware, dissipação de potência, eficiência energética, taxa de processamento e eficiência de compressão. A principal solução proposta utiliza 4952K *gates* e, quando operando em uma frequência de 529 MHz, é capaz de processar vídeos UHD 8K em uma taxa de 120 quadros por segundo, com uma dissipação de 363 mW de potência e com uma eficiência energética de 32,02 pJ/amostra. Quando comparadas aos trabalhos relacionados, as soluções propostas apresentam resultados satisfatórios e competitivos.

Palavras-chave: HEVC. Codificação de vídeos. Predição intraquadro. Projeto de hardware. Sistemas digitais.

## ABSTRACT

CORRÊA, Marcel Moscarelli. **Desenvolvimento Arquitetural para a Predição Intraquadro do Padrão HEVC de Codificação de Vídeos**. 2017. 146f.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Video coding is an essential area due to the increasing number of applications and devices that are able to handle high definition digital videos. The HEVC is the most recent and most efficient video coding standard created by the ITU-T VCEG and ISO/IEC MPEG groups, and its development was motivated by the increasing diversity of services and the emergence of beyond-HD formats such as UHD 4K (3840x2160 pixels) and UHD 8K (7680x4320 pixels). The intrapicture prediction is responsible to reduce spatial redundancy between samples inside the same frame. The HEVC standard defines several new techniques, which increase the intra prediction efficiency, but also increase its complexity. This work presents the development of hardware architectures for the HEVC intra prediction, considering different targets of compression efficiency, throughput, area cost, power dissipation and energetic efficiency. All designs were described in VHDL and synthesized using the NanGate 45 nm 0.95 v cell library. The main solution uses 4952K gates and, when running at a frequency of 529 MHz, it is able to process UHD 8K videos at 120 frames per second with a power dissipation of 363 mW and an energetic efficiency of 32.02 pJ/sample. When compared to related works, the developed architectures presented very competitive results.

Keywords: HEVC. Video coding. Intrapicture prediction. Hardware design. Digital systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de um codificador HEVC. Adaptação: (CORRÊA, 2014) .....	27
Figura 2 – Exemplo de CTU de tamanho 64×64 subdividida em CUs menores. Adaptação: (SCHWARZ, 2014).....	30
Figura 3 – Árvore quaternária da CTU ilustrada na figura 2. Adaptação: (SCHWARZ, 2014).....	31
Figura 4 – Formatos simétricos de PU (acima) e assimétricos (abaixo) .....	32
Figura 5 – Exemplo de divisão de CUs em TUs. Adaptação: (SCHWARZ, 2014)..	33
Figura 6 – RQTs associadas à figura 5. Adaptação: (SCHWARZ, 2014) .....	34
Figura 7 – Amostras de regiões vizinhas utilizadas como referência na predição intraquadro do HEVC para um bloco $N \times N$ e $N=8$ .....	36
Figura 8 – Ilustração de amostras de referência indisponíveis (esq.) e de amostras após aplicação da substituição de amostras indisponíveis (dir.) .....	37
Figura 9 – Exemplo da aplicação do filtro de três <i>taps</i> em amostras de referência .....	38
Figura 10 – Direções dos modos de predição intraquadro e seus respectivos números identificadores de 2 a 34. Adaptação: (ISO/IEC, 2013).....	40
Figura 11 – Ilustração dos ângulos associados aos modos angulares. Adaptação: (ISO/IEC, 2013).....	40

Figura 12 – Projeção de amostras de referência no modo angular 18 em uma PU 4x4 (esq.) e aplicação das amostras para predição (dir.) .....	43
Figura 13 – Amostras de referência (tons de cinza) utilizadas para a predição DC de uma PU 4x4 (branco) .....	43
Figura 14 – Interpolações horizontal (esq.) e vertical (dir.) da predição planar em uma PU 8x8 .....	44
Figura 15 – Primeira etapa do algoritmo de determinação dos MPMs .....	47
Figura 16 – Segunda etapa do algoritmo de determinação dos MPMs .....	48
Figura 17 – Distribuição da ocorrência de tamanhos de PU nos experimentos.....	62
Figura 18 – Distribuição da ocorrência de modos de predição nos experimentos....	63
Figura 19 – Diagrama de blocos da solução arquitetural (5.2) .....	67
Figura 20 – Preditor planar serial para tamanho 4x4.....	68
Figura 21 – Preditor DC serial para tamanho 4x4 .....	68
Figura 22 – Filtro de pós-processamento angular para uma amostra .....	69
Figura 23 – Filtro de pós-processamento DC para uma amostra .....	69
Figura 24 – Árvore de SAD para oito amostras de entrada .....	70
Figura 25 – Comparador de SAD para quatro valores de entrada.....	70
Figura 26 – Temporização em ciclos da solução (5.2) .....	71
Figura 27 – Diagrama de blocos da solução intra para PUs 4x4 e todos modos de predição (5.3) .....	72
Figura 28 – Preditor DC paralelo para tamanho 4x4 .....	73
Figura 29 – Etapa de predição $p_h$ do preditor planar paralelo para tamanho 4x4 ....	74
Figura 30 – Preditor angular 9 para tamanho 4x4 .....	75

Figura 31 – Temporização em ciclos da solução (5.3) .....	77
Figura 32 – Diagrama de blocos da solução arquitetural intra para todos tamanhos de PU e todos modos de predição (5.4).....	78
Figura 33 – Amostras de referência necessárias para a predição intraquadro de uma CTB de tamanho 64×64 .....	80
Figura 34 – Comparador de SADs 32:1.....	83
Figura 35 – Estrutura de um comparador individual de SADs .....	83
Figura 36 – Temporização em ciclos da solução (5.4) .....	85
Figura 37 – Variação da potência em relação ao aumento da frequência na solução (5.4).....	91
Figura 38 – Variação da energia por amostra em relação ao aumento da frequência na solução (5.4).....	92
Figura 39 – Comparação de área ocupada entre as três arquiteturas propostas .....	93
Figura 40 – Comparação de potência dissipada entre as três arquiteturas propostas.....	93
Figura 41 – Comparação de energia por amostra entre as três arquiteturas propostas.....	94

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Casos que exigem pré-filtragem de amostras .....	38
Tabela 2 – Especificação dos ângulos para cada modo angular (ISO/IEC, 2013).....	41
Tabela 3 – Especificação dos ângulos invertidos para cada modo angular negativo (ISO/IEC, 2013).....	41
Tabela 4 – Codificação dos modos intraquadro para amostras de cromaância .....	49
Tabela 5 – Comparação entre trabalhos da literatura .....	58
Tabela 6 – Impacto em taxa-distorção referente ao uso dos modos {0, 1, 10, 26}, tamanho de PU 4x4 e decisão de modo baseada no melhor SAD .....	64
Tabela 7 – Impacto em taxa-distorção referente ao uso de todos modos, tamanho de PU 4x4 e decisão de modo baseada no melhor SAD .....	64
Tabela 8 – Impacto em taxa-distorção referente ao uso de todos modos, todos tamanhos de PU e decisão de modo baseada nos oito melhores SADs .....	65
Tabela 9 – Frequências alvo das soluções propostas para determinadas resoluções e taxas de amostragem de quadros .....	87
Tabela 10 – Resultados gerais para solução (5.2) .....	88
Tabela 11 – Resultados gerais para solução (5.3) .....	89
Tabela 12 – Resultados de área para solução (5.4).....	90

Tabela 13 – Resultados de potência para solução (5.4) .....	91
Tabela 14 – Comparação geral entre as três soluções propostas.....	92
Tabela 15 – Comparação de área ocupada, potência dissipada e energia por amostra entre as três arquiteturas propostas .....	93
Tabela 16 – Comparação das soluções deste trabalho com propostas da literatura para módulos de predição intraquadro.....	96
Tabela 17 – Comparação entre a solução (5.4) e o módulo de predição intraquadro da arquitetura proposta por Tsai (2014) .....	98



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

4CIF	<i>4x Common Intermediate Format (704×576 pixels)</i>
16CIF	<i>16x Common Intermediate Format (1408×1152 pixels)</i>
ACM	<i>Association for Computing Machinery</i>
AI	<i>All Intra</i>
ALUT	<i>Adaptive Look-Up Table (nomenclatura Altera)</i>
ASIC	<i>Application Specific Integrated Circuit</i>
AVC	<i>Advanced Video Coding</i>
BD-rate	<i>Bjøntegaard Delta Rate</i>
BRAM	<i>Block Random Access Memory (nomenclatura Xilinx)</i>
CABAC	<i>Context-adaptive Binary Arithmetic Coding</i>
CB	<i>Coding Block</i>
CIF	<i>Common Intermediate Format (352×288 pixels)</i>
CTCs	<i>Common Test Conditions</i>
CU	<i>Coding Unit</i>
CTB	<i>Coding Tree Block</i>
CTU	<i>Coding Tree Unit</i>
DBF	<i>Deblocking Filter</i>
DCT	<i>Discrete Cosine Transform</i>
DFF	<i>D Flip-Flop (nomenclatura Xilinx)</i>
DLR	<i>Dedicated Logic Register (nomenclatura Altera)</i>
DST	<i>Discrete Sine Transform</i>

DVD	<i>Digital Versatile Disc</i>
FIR	<i>Finite Impulse Response</i>
FPGA	<i>Field-Programmable Gate Array</i>
GOP	<i>Group of Pictures</i>
HD 720p	<i>High Definition 720p (1280×720 pixels)</i>
HD 1080p	<i>High Definition 1080p (1920×1080 pixels)</i>
HEVC	<i>High Efficiency Video Coding</i>
HM	<i>HEVC Test Model</i>
IBM	<i>International Business Machines</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITU	<i>International Telegraph Union</i>
ITU-T	<i>ITU Telecommunication Standardization Sector</i>
JCT-VC	<i>Joint Collaborative Team on Video Coding</i>
JVT	<i>Joint Video Team</i>
Kbps	<i>Kilobit per Second (10<sup>3</sup> bits por segundo)</i>
LD	<i>Low Delay</i>
LUT	<i>Look-Up Table (nomenclatura Xilinx)</i>
MHz	<i>Megahertz (10<sup>6</sup> hertz)</i>
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>
MPM	<i>Most Probable Mode</i>
mW	<i>Milliwatt (10<sup>-3</sup> watts)</i>
nm	<i>Nanômetro (10<sup>-9</sup> metros)</i>
PB	<i>Prediction Block</i>
PSNR	<i>Peak Signal-to-Noise Ratio</i>
PU	<i>Prediction Unit</i>
QP	<i>Quantization Parameter</i>

qps	Quadros por Segundo
QCIF	<i>Quarter Common Intermediate Format</i> (176×144 pixels)
QT	<i>Quadtree</i>
RA	<i>Random Access</i>
RDO	<i>Rate-Distortion Optimization</i>
RMD	<i>Rough Mode Decision</i>
RQT	<i>Residual Quadtree</i>
RTL	<i>Register-Transfer Level</i>
SAD	<i>Sum of Absolute Differences</i>
SAO	<i>Sample Adaptive Offset</i>
SATD	<i>Sum of Absolute Transformed Differences</i>
SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital
SD	<i>Standard Definition</i> (720×480 pixels, pode variar)
SIF	<i>Source Input Format</i> (352×240 ou 352×288 pixels)
SQCIF	<i>Sub Common Intermediate Format</i> (128×96 pixels)
TB	<i>Transform Block</i>
TSMC	<i>Taiwan Semiconductor Manufacturing Company</i>
TU	<i>Transform Unit</i>
UHD 4K	<i>Ultra High Definition</i> 2160p (3840×2160 pixels)
UHD 8K	<i>Ultra High Definition</i> 4320p (7680×4320 pixels)
VHDL	<i>VHSIC Hardware Description Language</i>
VHSIC	<i>Very High Speed Integrated Circuit</i>
v	Volts
VCD	<i>Video Compact Disc</i>
VCEG	<i>Video Coding Experts Group</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

*	Em equações, operação de multiplicação
<<	Em equações, deslocamento binário para a esquerda
>>	Em equações, deslocamento binário para a direita
&	Em equações, operação “E” lógico <i>bit a bit</i>
%	Em equações, operação de resto da divisão inteira
=	Em algoritmos, operação de atribuição
!=	Em algoritmos, operação relacional de desigualdade
[ ]	Em equações e algoritmos, operação de indexação em <i>arrays</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1	Histórico dos Padrões ITU-T e ISO/IEC .....	21
1.2	Motivação .....	23
1.3	Objetivo .....	24
1.4	Organização .....	25
<b>2</b>	<b>PADRÃO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO HEVC .....</b>	<b>26</b>
2.1	Fluxo de Codificação .....	26
2.2	Estrutura de Particionamento de Quadros no HEVC .....	29
2.2.1	<i>Coding Tree Units</i> (CTUs) e <i>Coding Units</i> (CUs) .....	29
2.2.2	<i>Prediction Units</i> (PUs) .....	31
2.2.3	<i>Transform Units</i> (TUs) .....	32
<b>3</b>	<b>PREDIÇÃO INTRAQUADRO DO PADRÃO HEVC .....</b>	<b>35</b>
3.1	Pré-processamento de Amostras de Referência .....	35
3.1.1	Substituição de Amostras de Referência .....	36
3.1.2	Pré-Filtragem de Amostras de Referência .....	37
3.2	Predição de Amostras .....	39
3.2.1	Predição Intra Angular (Modos 2-34) .....	39
3.2.2	Predição Intra DC (Modo 1) .....	43
3.2.3	Predição Intra Planar (Modo 0) .....	44
3.3	Pós-processamento de Amostras Preditas .....	45

<b>3.4</b>	<b>Sintaxe de Codificação Intraquadro .....</b>	<b>46</b>
3.4.1	Sintaxe para Predição de Amostras de Luminância.....	46
3.4.2	Sintaxe para Predição de Amostras de Crominância.....	49
<b>3.5</b>	<b>Decisão Interna de Modo .....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS .....</b>	<b>52</b>
4.1	A Memory Aware and Multiplierless VLSI Architecture for the Complete Intra Prediction of the HEVC Emerging Standard (PALOMINO, 2012).....	52
4.2	A High Performance and Low Energy Intra Prediction Hardware for High Efficiency Video Coding (KALALI, 2012).....	53
4.3	On Hardware Architecture and Processing Order of HEVC Intra Prediction Module (ZHOU, 2013) .....	55
4.4	A Highly Pipeline VLSI Architecture for All Modes and Block Sizes Intra Prediction in HEVC Encoder (LIU, 2013) .....	55
4.5	A Double-Path Intra Prediction Architecture for the Hardware H.265/HEVC Encoder (ABRAMOWSKI, 2014) .....	56
4.6	Encoder Hardware Architecture for HEVC (TSAI, 2014).....	57
4.7	Considerações Finais .....	58
<b>5</b>	<b>SOLUÇÕES ARQUITETURAIS PARA A PREDIÇÃO INTRAQUADRO .....</b>	<b>60</b>
5.1	Exploração com o Software de Referência do Padrão HEVC.....	60
5.1.1	Análise da Frequência de Escolha de Tamanhos de PU e Modos de Predição .....	62
5.1.2	Exploração do Impacto em Taxa-Distorção: Modelo 1 .....	63
5.1.3	Exploração do Impacto em Taxa-Distorção: Modelo 2.....	64
5.1.4	Exploração do Impacto em Taxa-Distorção: Modelo 3.....	65
5.1.5	Considerações .....	65
5.2	Arquitetura Intraquadro Minimalista para PUs 4x4 e Modos {0, 1, 10, 26}.....	66
5.2.1	Módulo de Predição Intraquadro .....	67
5.2.2	Módulo Interno de Decisão de Modo.....	69
5.2.3	Temporização .....	71

<b>5.3</b>	<b>Arquitetura Intra HEVC para PUs 4×4 e Todos Modos de Predição.....</b>	<b>72</b>
5.3.1	Módulo de Predição com Nível de Paralelismo de 4×4 Amostras.....	73
5.3.2	Módulo Interno Paralelo de Decisão de Modo .....	76
5.3.3	Temporização .....	76
<b>5.4</b>	<b>Arquitetura Intra HEVC para Todos Tamanhos de PU e Todos Modos de Predição.....</b>	<b>77</b>
5.4.1	Tratamento de Amostras de Referência e Originais .....	79
5.4.2	Módulo de Predição com Nível de Paralelismo de 32×32 Amostras.....	81
5.4.3	Módulo Interno de Decisão de Modo Baseada em Oito SADs.....	82
5.4.4	Temporização .....	84
<b>6</b>	<b>RESULTADOS DE SÍNTESE E COMPARAÇÕES.....</b>	<b>86</b>
6.1	Metodologia de Projeto .....	86
6.2	Resultados de Síntese da Solução (5.2).....	87
6.3	Resultados de Síntese da Solução (5.3).....	88
6.4	Resultados de Síntese da Solução (5.4).....	89
6.5	Comparação Entre Arquiteturas Desenvolvidas .....	92
6.6	Comparação com Trabalhos da Literatura.....	95
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>99</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>101</b>
	<b>Apêndice A – Avaliação em Software para Verificação do Percentual de Ocorrência de Modos de Predição e Tamanhos de PU .....</b>	<b>106</b>
	<b>Apêndice B – Análise do Impacto na Relação Taxa-Distorção Causado por Alterações no Módulo de Predição Intraquadro.....</b>	<b>134</b>
	<b>Apêndice C – Cálculo dos Valores de Deslocamento para Todos Modos de Predição Angulares.....</b>	<b>143</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*“Um bom começo é a metade”*

Aristóteles

A codificação de vídeo é um tópico de grande interesse industrial atualmente, devido ao crescente aumento do número de aplicações e dispositivos eletrônicos capazes de manipular vídeos digitais, especialmente em altas resoluções. Entre exemplos de aplicações que exigem codificação de vídeo estão a transmissão de vídeos pela internet (*streaming*), a transmissão de sinal de televisão digital e o armazenamento de arquivos de vídeo; sendo que, nos dias de hoje, até mesmo dispositivos móveis de baixo custo já fazem uso de todas estas aplicações.

Padrões de codificação de vídeo já estão há vários anos presentes no nosso dia a dia, uma vez que a manipulação de vídeos digitais sem compressão se tornou impraticável. O motivo disto é que um vídeo digital sem qualquer tipo de compressão necessita de uma quantidade imensa de dados para ser representado. Por exemplo, caso nenhuma técnica de codificação de vídeo seja utilizada, uma sequência com resolução de 1920×1080 pixels, com 24 bits por pixel, duração de 30 minutos e taxa de atualização de 30 qps (quadros por segundo) necessitaria de aproximadamente 336 gigabytes para ser representada e uma banda de 1,5 gigabits por segundo para ser transmitida em tempo real.

Um padrão de codificação de vídeo define, a partir de um conjunto de técnicas, dois procedimentos: uma representação codificada – ou sintaxe – que descreve uma informação visual de maneira comprimida, e um método para decodificar esta sintaxe e reconstruir a informação visual (RICHARDSON, 2003). Estas ferramentas se baseiam em reduzir três tipos de redundâncias presentes nos vídeos digitais, sendo estas: (a) espacial ou



intraquadro, caracterizada por semelhanças em regiões vizinhas dentro de um quadro; (b) temporal ou interquadros, presente em regiões similares entre quadros vizinhos no tempo; e (c) entrópica, presente na representação binária da informação (RICHARDSON, 2003).

## 1.1 Histórico dos Padrões ITU-T e ISO/IEC

O primeiro padrão de codificação de vídeo utilizado comercialmente foi o H.261 (ITU-T, 1988), desenvolvido pelo grupo ITU-T VCEG (*Video Coding Experts Group*) e publicado como padrão internacional em 1988. Foi utilizado para armazenamento e transmissão de vídeos com resolução CIF (*Common Intermediate Format*) de 352×240 ou 352×288 pixels. O H.261 teve grande importância na área, pois influenciou fortemente os padrões que o sucederam.

O padrão MPEG-1 Part 2 (ISO/IEC, 1993) foi desenvolvido pelo grupo ISO/IEC MPEG (*Moving Picture Experts Group*) e publicado em 1993. Foi utilizado na compressão de vídeos previamente digitalizados e tornou possível a distribuição de pequenos cliques na internet e também o armazenamento de vídeo em mídias do tipo VCD (*Video Compact Disc*) na resolução SIF (*Source Input Format*) similar à resolução CIF.

O padrão MPEG-2 Part 2 (ISO/IEC, 1996), também conhecido por H.262 (ITU-T, 1995), foi desenvolvido pelo grupo MPEG em cooperação com o VCEG e publicado em 1996. Este padrão surgiu para suprir a necessidade de melhores taxas de compressão e qualidade de imagem para vídeos de maior resolução, como SD (*Standard Definition*) tipicamente de 720×480 pixels. O MPEG-2 ainda é amplamente utilizado nos dias de hoje para o armazenamento de vídeo em mídias do tipo DVD (*Digital Versatile Disc*) e também em padrões de televisão digital de diversos países.

Também publicado em 1996, o padrão H.263 (ITU-T, 1996) foi desenvolvido pelo grupo VCEG como um padrão otimizado para codificação de vídeos com baixa taxa de bits para atender a demanda de sistemas de comunicação visual sobre conexões com baixa largura de banda. As únicas resoluções permitidas pelo padrão foram CIF e algumas de suas derivadas, como a SQCIF (*Sub Quarter CIF*) de 128×96 pixels, QCIF (*Quarter CIF*) de 176×144, 4CIF de 704×576 e 16CIF de 1408×1152. Este padrão foi amplamente utilizado em arquivos no formato 3GP e utilizado como base para os formatos comerciais *Flash Video* e *RealVideo*.

O MPEG-4 Part 2 (ISO/IEC, 1999) foi desenvolvido pelo grupo MPEG e publicado em 1999. Este padrão surgiu para superar a eficiência de codificação de ambos MPEG-2 e H.263 em todas áreas de atuação, como na codificação de vídeos de baixa e alta resolução e vídeos de baixa taxa de bits para telecomunicação e televisão digital. Este padrão ainda é bastante utilizado pelo formato livre *Xvid* e pelo formato comercial *DivX*.

O H.264/AVC (*Advanced Video Coding*) (ISO/IEC, 2003; ITU-T, 2003) é um padrão de elevado esforço computacional que foi lançado em 2003 a partir de uma cooperação entre os grupos ISO/IEC MPEG e o ITU-T VCEG, que foi chamada JVT (*Joint Video Team*). O H.264/AVC é o padrão disponível mais utilizado atualmente. Entre aplicações que empregam o uso do H.264/AVC estão o armazenamento de vídeo em mídias do tipo *Blu-ray*, a transmissão de conteúdo de alta definição pela internet e a transmissão de conteúdo de alta definição pelos mais avançados sistemas de televisão digital, como por exemplo o SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisão Digital), que entrou em operação comercial em 2007 e que foi adotado posteriormente por diversos outros países.

Nos dias de hoje, com o aumento na diversidade de serviços, com a popularização de vídeos HD 720p (*High Definition*) de 1280×720 e HD 1080p de 1920×1080, e com o surgimento de resoluções muito superiores como UHD 4K (*Ultra HD*) de 3840×2160 e UHD 8K de 7680×4320 pixels, fica consolidada a demanda por um padrão capaz de superar a eficiência do H.264/AVC (SULLIVAN, 2012).

Assim, o HEVC (*High Efficiency Video Coding*) (ISO/IEC, 2013; ITU-T, 2013) foi desenvolvido pelo JCT-VC (*Joint Collaborative Team on Video Coding*) – uma nova união dos grupos MPEG e VCEG –, e aprovado em 2013. Para uma mesma qualidade visual, o HEVC atinge taxas de compressão até duas vezes maiores quando comparado diretamente ao H.264/AVC (SULLIVAN, 2014).

## 1.2 Motivação

A codificação de vídeo eficiente e em tempo real de amostragem é uma tarefa que requer elevado esforço computacional, especialmente para vídeos de alta resolução. Por consequência, esta tarefa não é adequada para soluções em software que executam sobre processadores de propósito geral, fazendo com que muitos dispositivos eletrônicos recorram a aceleradores em hardware para a codificação e decodificação de vídeos com base nos padrões atuais.

Reforçando a necessidade de aceleradores em hardware, um estudo realizado por Bossen (2012b) demonstrou que, apesar do esforço computacional para decodificação no HEVC não ser significativamente maior que no H.264/AVC, o esforço para codificação é consideravelmente maior. Neste estudo foram realizados experimentos de codificação utilizando o software de referência HM (HEVC *Test Model*) na sua versão 8.0 com as sequências de teste sugeridas pelas condições comuns de teste (CTCs – *Common Test Conditions*) definidas pelo comitê padronizador e publicadas por Bossen (2012a). Os resultados mostraram que o tempo de codificação foi mais lento que o tempo total de amostragem em até 1228 vezes para a configuração AI (*All Intra*), até 3155 vezes para a configuração RA (*Random Access*) e até 4417 vezes para a configuração LD (*Low Delay*). Os experimentos foram conduzidos em um *cluster* com servidores *Intel Xeon E5670*.

No entanto, não há um único projeto de hardware dedicado à codificação de vídeos capaz de atender a todas as demandas existentes. É essencial o entendimento de que o espaço de projeto é muito amplo e inclui tanto dispositivos alimentados por fonte externa quanto dispositivos móveis alimentados por baterias que exigem um hardware energeticamente eficiente. Além disso, o hardware deve ser dimensionado para atender a demanda de desempenho do dispositivo alvo. Por exemplo, todos dispositivos móveis devem codificar vídeos em tempo real, porém os de baixo custo em geral geram vídeos de baixa resolução e baixa taxa de amostragem, além de tolerarem uma baixa qualidade de imagem e baixa taxa de compressão. Por outro lado, os dispositivos móveis de custo mais elevado geram vídeos de resoluções elevadas (como UHD 4K) e taxas de amostragem de até 240 qps. Também como exemplo, existe a demanda por dispositivos de mesa que atendam apenas as necessidades de um usuário comum, mas existe também demanda por codificadores que atendam necessidades comerciais, como câmeras

profissionais e servidores de vídeo que trabalham com vídeos de altíssima qualidade.

Existem diversos trabalhos na literatura com propostas de soluções arquiteturais para o módulo de predição intraquadro – foco deste trabalho. No entanto, muitas destas soluções são anteriores à publicação do padrão vigente, uma vez que a primeira especificação de trabalho (*draft*) do HEVC foi disponibilizada para a comunidade em 2010. Sendo assim, é possível encontrar soluções na literatura com data de publicação a partir de 2011, porém, devido às alterações significativas que ocorreram ao longo dos dez *drafts*, até a aprovação do padrão, algumas destas soluções são incompatíveis em determinados aspectos com a versão final do HEVC, publicada em 2013 (ISO/IEC, 2013; ITU-T, 2013). Assim, o desenvolvimento de uma solução eficiente em hardware para a última versão do padrão foi um forte motivador para este trabalho. Outro fator motivador foi a incapacidade das soluções encontradas na literatura de processar resoluções altíssimas, como UHD 8K em tempo real. Além disso, a maior parte destes trabalhos também não apresentam resultados de eficiência energética, informação de grande relevância no projeto de hardware dedicado, sobretudo com foco em aplicações móveis.

### 1.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento arquitetural de diferentes soluções dedicadas para a predição intraquadro do padrão HEVC.

Estas soluções devem focar em diferentes aplicações alvo, capazes de serem inseridas em dispositivos móveis de baixo custo, onde a eficiência energética é o critério mais importante para ser minimizado, ou em aceleradores de hardware de alta resolução, que exigem elevada eficiência de codificação (melhor relação entre qualidade e taxa de compressão). Em relação ao projeto de hardware, é objetivo explorar a utilização de recursos de hardware, dissipação de potência e eficiência energética para cada arquitetura proposta através da síntese de diversas frequências alvo.

## 1.4 Organização

Este trabalho está organizado em sete capítulos e três apêndices. O capítulo dois introduz o padrão HEVC e apresenta os conceitos importantes para o entendimento das técnicas de predição no domínio espacial. O capítulo três apresenta as etapas que compõem o módulo de predição intraquadro do HEVC: pré-processamento, predição e pós-processamento. O capítulo quatro apresenta um levantamento dos trabalhos relacionados presentes na literatura e uma comparação entre estes trabalhos. O capítulo cinco apresenta experimentos que exploram a possibilidade de cortes de recursos do padrão e propõe três diferentes arquiteturas base para predição intraquadro, considerando diferentes *trade-offs* entre uso de recursos de hardware, qualidade de compressão e nível de paralelismo para aumento da taxa de processamento. O capítulo seis apresenta uma exploração através de sínteses das três soluções propostas para diferentes frequências alvo, e apresenta também uma comparação entre os trabalhos propostos nesta dissertação e os trabalhos encontrados na literatura. Por fim, o capítulo sete conclui este trabalho.

## 2 PADRÃO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO HEVC

*“Nada é permanente, exceto a mudança”*

Heráclito

O padrão HEVC foi publicado em 2013 (ISO/IEC, 2013; ITU-T, 2013) pelo grupo JCT-VC e passou a ser introduzido no mercado com expectativa de substituir o padrão H.264/AVC gradativamente. Em relação à performance de compressão do seu antecessor, o padrão HEVC atinge taxas de compressão até duas vezes maiores com uma mesma qualidade visual resultante (GROIS, 2013). Este avanço foi possível a partir do uso de novos algoritmos e modos de operação ao custo do aumento da complexidade do processo de codificação.

Este capítulo descreve brevemente o fluxo de codificação HEVC e explica com mais detalhes o método de particionamento da imagem de entrada utilizado durante o processo de codificação. Maiores detalhes sobre conceitos não trabalhados nesse capítulo podem ser encontrados na visão geral apresentada por Sullivan (2012).

### 2.1 Fluxo de Codificação

A figura 1 apresenta um diagrama de blocos do codificador HEVC, que servirá como base para as discussões apresentadas nesta seção.

Inicialmente, cada quadro original do vídeo de entrada é particionado em regiões em forma de blocos chamadas CTUs (*Coding Tree Unit*), que podem ser tratados de maneira independente durante o processo de codificação. Após esta partição, estes blocos podem ser novamente divididos, em CUs (*Coding Unit*) e posteriormente PUs (*Prediction Unit*), para então serem tratadas pelos módulos de

predição interquadros e intraquadro. A técnica de partição do quadro em blocos utilizada no padrão HEVC será explicada detalhadamente na seção 2.2.

Na predição interquadros, o codificador utiliza amostras reconstruídas de quadros vizinhos no tempo, chamados de quadros de referência, com o objetivo de identificar blocos com redundância temporal em relação aos blocos do quadro atual. Já na predição intraquadro, o codificador utiliza amostras reconstruídas de regiões vizinhas dentro do próprio quadro, chamadas de amostras de referência do quadro atual, com o objetivo de reduzir a redundância espacial deste mesmo quadro. É importante ressaltar que o codificador pode tratar partes de um quadro (*slices*) como sendo do tipo *I*, *P* ou *B*. *Slices* do tipo *I* podem ter seus blocos codificados apenas com a predição intraquadro, já os do tipo *P* e *B* podem utilizar ambos os tipos de predição (SJÖBERG, 2013). Após a etapa de predição, o codificador calcula a diferença residual entre o bloco original e o bloco predito.

O resíduo gerado é então processado pelo módulo das transformadas (bloco T na figura 1), que converte os valores do domínio espacial para o domínio das frequências com o objetivo de concentrar a energia em coeficientes de baixa frequência, que são mais relevantes para o sistema visual humano. As transformadas utilizadas no HEVC são aproximações inteiras das transformadas discretas do cosseno (DCT – *Discrete Cosine Transform*) e do seno (DST – *Discrete Sine Transform*).

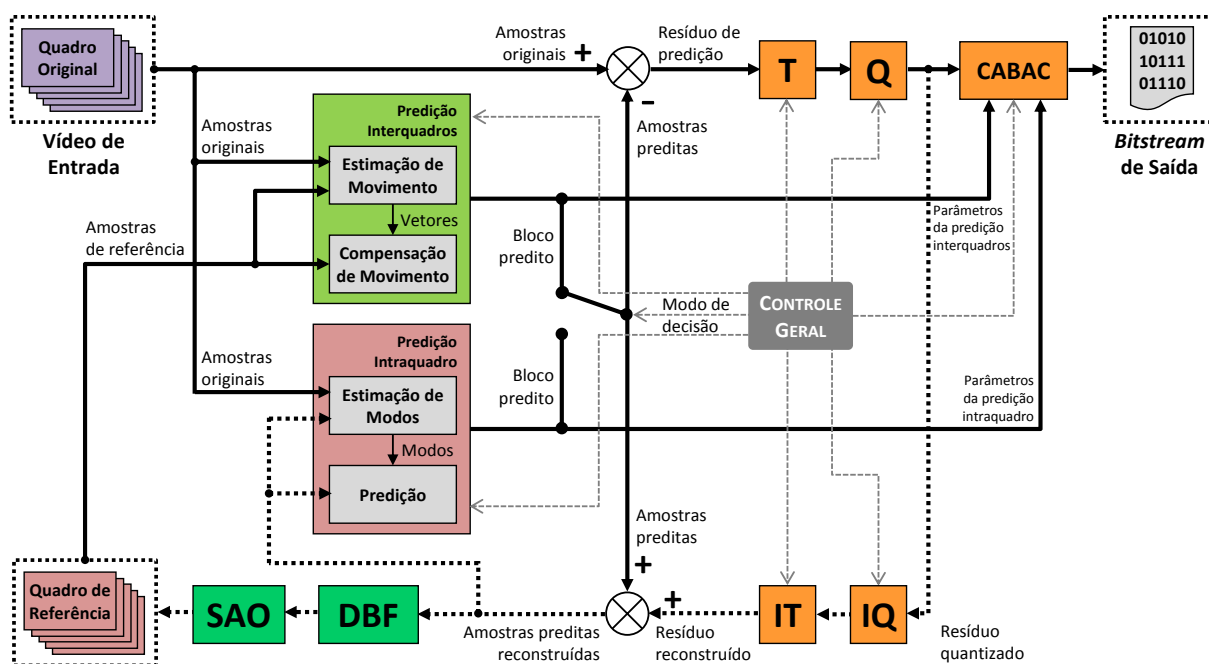


Figura 1 – Estrutura de um codificador HEVC. Adaptação: (CORRÊA, 2014).

Este resíduo transformado deve então passar pelo módulo de quantização (bloco Q na figura 1), que realiza a divisão inteira dos coeficientes transformados por um passo de quantização chamado *Qstep*, seguida de um arredondamento. Por ser uma divisão inteira, este processo faz com que a compressão seja uma compressão com perdas. Todos coeficientes são atenuados, fazendo com que os coeficientes de baixo valor tendam a ser reduzidos ao valor zero. O valor de *Qstep* é determinado pelo QP (*Quantization Parameter*), um parâmetro de configuração do codificador que pode assumir valores entre 0 e 51, e que pode sofrer alterações em tempo de codificação para que a meta de relação taxa-distorção seja atingida. Para QP=4, tem-se *Qstep*=1, e cada incremento no QP faz com que o *Qstep* aumente em aproximadamente 12%.

Por fim, o módulo de codificação de entropia CABAC (*Context-adaptive Binary Arithmetic Coding*) (MARPE, 2003) comprime a informação utilizando a técnica de codificação aritmética binária. A codificação de entropia é um método de compressão sem perdas que faz uso de propriedades estatísticas para comprimir dados de forma a tornar o número de bits utilizado para representar uma determinada informação proporcional ao logaritmo da probabilidade de ocorrência da respectiva informação (SZE, 2014). Em outras palavras, utiliza-se menos bits para representar dados que ocorrem frequentemente, e mais bits para representar dados que ocorrem raramente. Esta compressão é feita como última etapa na codificação de vídeo, depois da informação visual ter sido reduzida a elementos sintáticos, tais como modos de predição, parâmetros de predição e informação residual.

O restante dos blocos da figura 1 (IQ, IT, DBF e SAO) definem o caminho de reconstrução necessário para que codificador utilize as mesmas amostras de referência que serão utilizadas pelos decodificadores. A etapa de reconstrução é composta pela quantização inversa e transformada inversa (blocos IQ e IT); e pelos filtros DBF (*Deblocking Filter*) e SAO (*Sample Adaptive Offset*), que reduzem artefatos causados pelo efeito de bloco e quantização. O caminho de reconstrução pode ser identificado na figura 1 pelas setas pretas tracejadas.



## 2.2 Estrutura de Particionamento de Quadros no HEVC

O padrão HEVC foi desenvolvido seguindo o princípio bem sucedido de codificação de vídeo baseada em blocos, no qual um quadro é primeiramente particionado em blocos para que cada pequena parte deste quadro receba uma codificação adequada.

Todos os padrões anteriores ao HEVC desenvolvidos pelos grupos MPEG ou VCEG, desde o H.261, particionam a imagem em chamados macroblocos. Um macrobloco tem tamanho de  $16 \times 16$  amostras, sendo este a maior unidade de processamento nestes padrões (SULLIVAN, 2012).

Por sua vez, o padrão HEVC foi projetado para trabalhar com resoluções ainda maiores, e para tais resoluções, restringir o maior tamanho de bloco ao tamanho  $16 \times 16$  pode ser ineficiente na relação entre taxa de compressão e qualidade visual. Porém, enquanto aumentar o maior tamanho possível de bloco pode ser vantajoso para vídeos de alta resolução, este aumento pode acabar causando impacto negativo na codificação de vídeos de baixa resolução, particularmente em codificadores de baixa complexidade que não podem avaliar muitas possibilidades de subpartições (SCHWARZ, 2014). Além disso, o uso de partições menores pode ser eficaz em regiões muito heterogêneas, ou em sequências de vídeo com muito movimento. Por estes motivos, o HEVC introduz um método hierárquico bastante flexível para particionar imagens do vídeo em unidades de processamento. Esta seção apresenta esta inovação do HEVC em relação aos padrões predecessores.

### 2.2.1 *Coding Tree Units (CTUs) e Coding Units (CUs)*

No HEVC, um quadro é dividido em partições quadradas chamadas CTUs, de maneira análoga à divisão por macroblocos do H.264/AVC. Uma CTU é composta por uma CTB (*Coding Tree Block*) de luminância e duas CTBs de crominância. Os tamanhos possíveis para CTUs são  $64 \times 64$ ,  $32 \times 32$  e  $16 \times 16$ ; sendo que este tamanho deve ser configurado como um parâmetro de codificação que se mantém fixo ao longo de todo o processo para um dado vídeo.

O padrão define também uma sintaxe de árvore quaternária, chamada de QT (*Quadtree*) para dividir CTUs em unidades menores, chamadas CUs, que por sua vez são compostas por uma CB (*Coding Block*) de luminância e duas CBs de

crominância. Uma CU pode assumir um tamanho mínimo de  $8 \times 8$  e tamanho máximo idêntico ao configurado para a CTU.

Em nível de CTU, um parâmetro chamado *split\_cu\_flag* indica se esta CTU raiz forma uma CU folha ou se é dividida em quatro CUs de igual tamanho. As quatro CUs resultantes de uma divisão também possuem o parâmetro *split\_cu\_flag* para indicar se estas são folhas na árvore ou se são divididas em mais quatro CUs. Cada divisão avança um nível na profundidade da árvore, sendo que a profundidade máxima deve ser configurada como um parâmetro de codificação, por sua vez, limitando o tamanho mínimo das CUs.

A figura 2 ilustra uma CTU de tamanho  $64 \times 64$  subdividida em diversas CUs menores com tamanhos que variam de  $32 \times 32$  até  $8 \times 8$ . Pode ser observado nesta figura que cada divisão faz com que a CTU ou CU em questão seja dividida em quatro CUs de mesmo tamanho. Já na figura 3, pode ser vista a estrutura de árvore quaternária associada a esta mesma CTU, sendo o nó raiz da árvore sempre a própria CTU e os demais nós CUs. Nesta figura, os números que rotulam os nós folha da árvore indicam a ordem na qual as CUs serão codificadas dentro da CTU em questão, dada pelo algoritmo de percurso em profundidade.

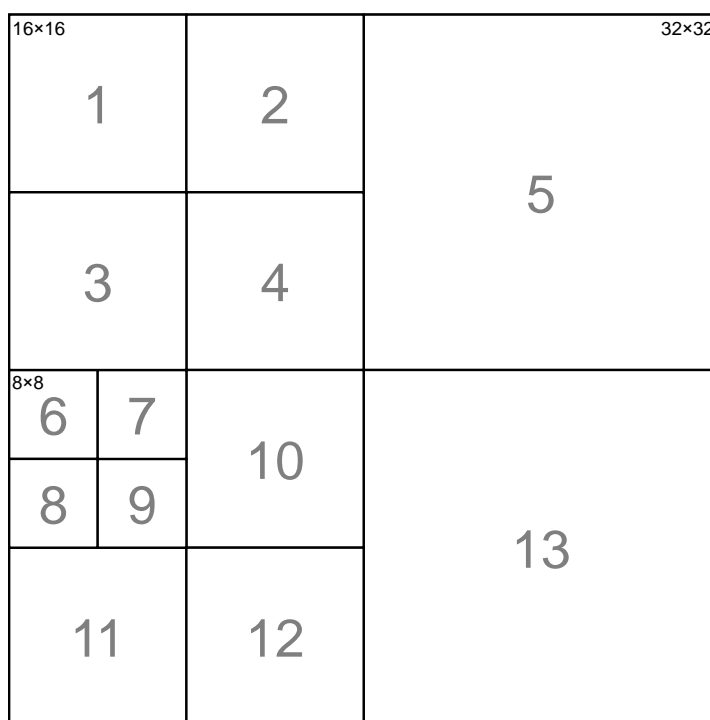


Figura 2 – Exemplo de CTU de tamanho  $64 \times 64$  subdividida em CUs menores.  
Adaptação: (SCHWARZ, 2014).

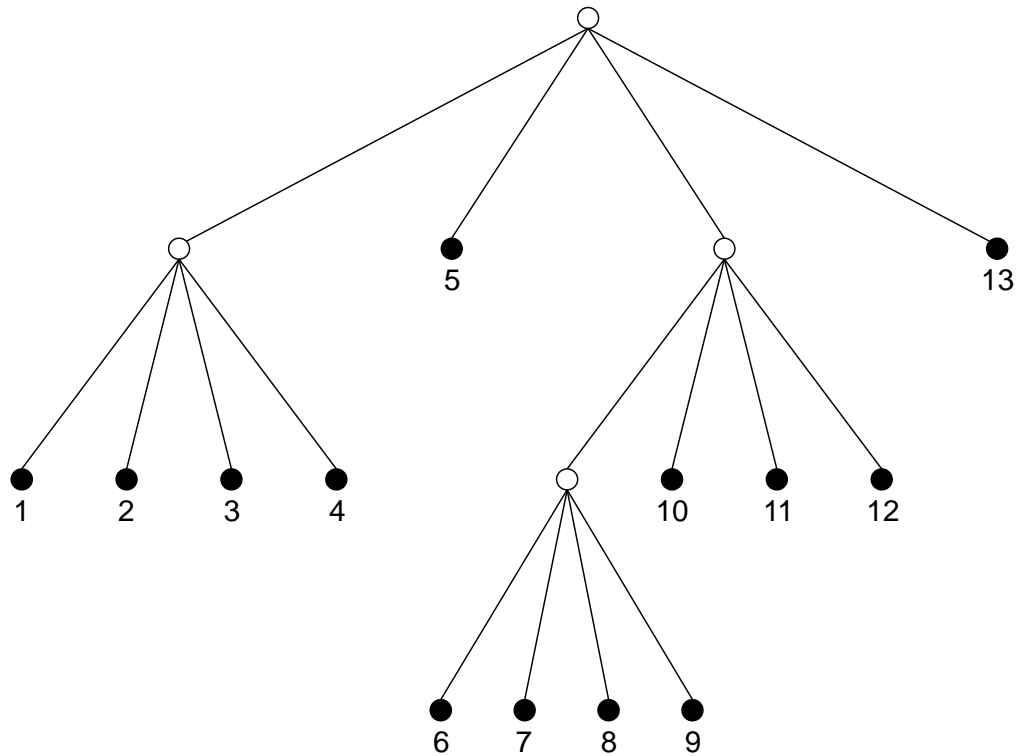


Figura 3 – Árvore quaternária da CTU ilustrada na figura 2.  
Adaptação: (SCHWARZ, 2014).

### 2.2.2 Prediction Units (PUs)

No HEVC, a escolha pelo modo de predição – intra ou inter – não ocorre em nível de CTU, mas sim em nível de CU. Após a definição do modo de predição, uma CU passa por mais um nível de divisão, onde são definidas as unidades chamadas PU, compostas por uma PB (*Prediction Block*) de luminância e duas PBs de crominância. Os oito formatos possíveis de PU estão ilustrados na figura 4, onde N significa metade da dimensão da CU.

Para o modo intra, uma CU pode ser subdividida em quatro PUs  $N \times N$  de igual tamanho se, e somente se, esta CU tiver tamanho mínimo permitido pelo codificador; caso contrário, a CU será tratada como uma única PU  $2N \times 2N$ . Já para o modo inter, uma CU pode fazer uso de um dos formatos possíveis, no entanto o formato  $N \times N$  e os formatos retangulares  $2N \times nU$ ,  $2N \times nD$ ,  $nL \times 2N$  e  $nR \times 2N$  só são permitidos para CUs de tamanho  $16 \times 16$  ou maior. Na sintaxe de representação das PUs retangulares; os rótulos  $nU$ ,  $nD$ ,  $nL$  e  $nR$  se referem respectivamente às palavras da língua inglesa *up*, *down*, *left* e *right* para indicar a posição da PU retangular de menor área dentro da CU.

Desta forma, percebe-se uma maior flexibilidade na divisão de CUs em PUs para a predição interquadros pelo fato desta fazer uso de busca por blocos retangulares, enquanto a predição intraquadro trabalha apenas com blocos quadrados.

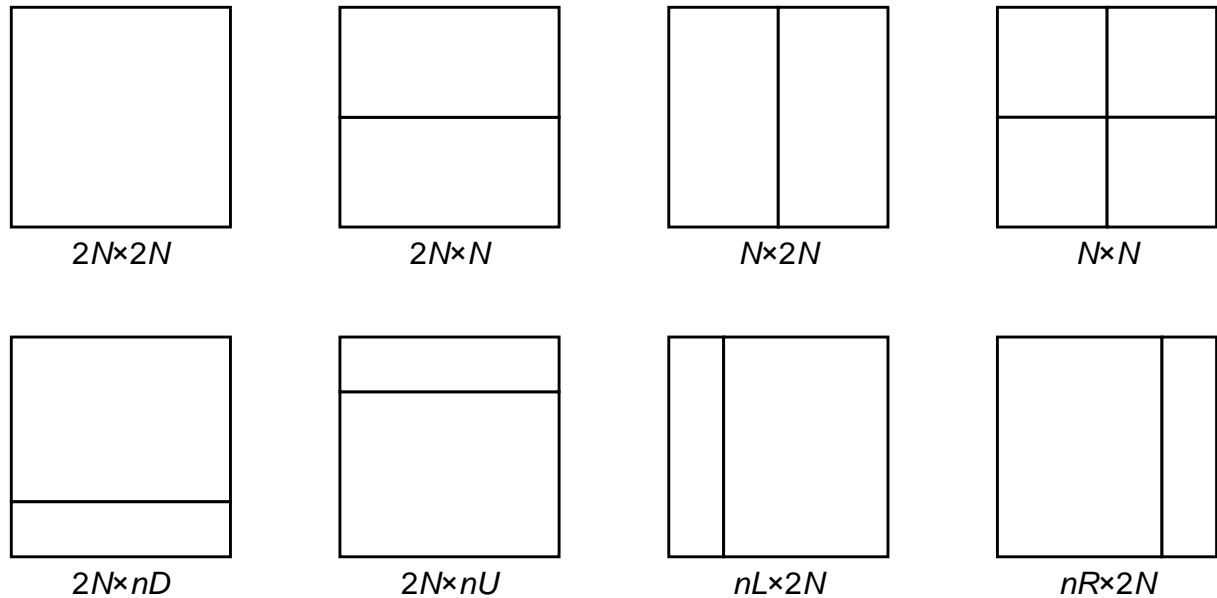


Figura 4 – Formatos simétricos de PU (acima) e assimétricos (abaixo).

### 2.2.3 Transform Units (TUs)

Da mesma forma que o codificador pode optar pelo modo de predição adequado para cada CU, o HEVC introduz as unidades chamadas TUs (*Transform Units*), compostas por TBs (*Transform Blocks*) de luminância e crominância, com as quais o codificador pode optar pelo tamanho de transformada que irá gerar os melhores resultados de codificação para os resíduos resultantes da etapa de predição. O padrão HEVC define transformadas de tamanhos  $4 \times 4$ ,  $8 \times 8$ ,  $16 \times 16$  e  $32 \times 32$  (BUDAGAVI, 2014) e, portanto, apenas estes são os tamanhos permitidos de TUs.

Este nível de divisão ocorre de maneira similar e complementar à estrutura de árvore quaternária mencionada na seção 2.2.1, de forma que toda CU folha da árvore de QT é a raiz de uma árvore quaternária de TUs. Sendo assim, uma TU pode assumir um tamanho mínimo de  $4 \times 4$  e máximo idêntico ao de sua CU, respeitando também o tamanho máximo de  $32 \times 32$ . A estrutura de árvore neste caso é chamada de RQT (*Residual Quadtree*).

As RQTs são únicas para cada CU, fazendo com que as TBs dos canais de luminância e crominância sejam resultantes das mesmas divisões. A única exceção para esta regra é para vídeos com alguma subamostragem de cor quando uma TU  $8 \times 8$  é dividida em quatro TUs de tamanho  $4 \times 4$ , pois nesse caso as TBs de crominância seriam menores que o tamanho mínimo de transformada. É importante ressaltar também que uma CU de tamanho  $64 \times 64$  sempre passará por, no mínimo, um nível de divisão, uma vez que o maior tamanho de transformada definido no padrão é  $32 \times 32$ .

A figura 5 ilustra novas divisões em cima do exemplo ilustrado na figura 2, sendo que neste novo exemplo, todos os blocos significam TUs escolhidas e seus respectivos tamanhos. Nesta figura, blocos com contorno preto indicam CUs que deram origem a TUs de mesmo tamanho, enquanto blocos com contorno azul indicam CUs que foram subdivididas em quatro ou mais TUs.

Já a figura 6 ilustra diversas RQTs, cada uma enraizada em uma CU folha da QT ilustrada na figura 3. Neste exemplo podem ser vistas 11 RQTs com apenas um nível (com nó que é raiz e folha): 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21 e 22. Pode ser vista também uma RQT com dois níveis, que tem os nós folha: 15, 16, 17 e 18. E por fim, pode ser vista uma RQT com três níveis, que tem os nós folha: 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

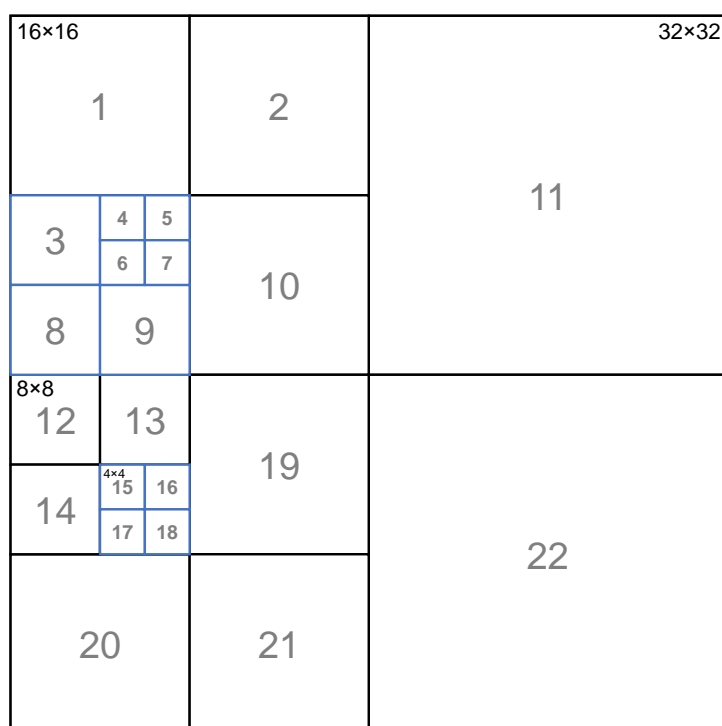


Figura 5 – Exemplo de divisão de CUs em TUs. Adaptação: (SCHWARZ, 2014).

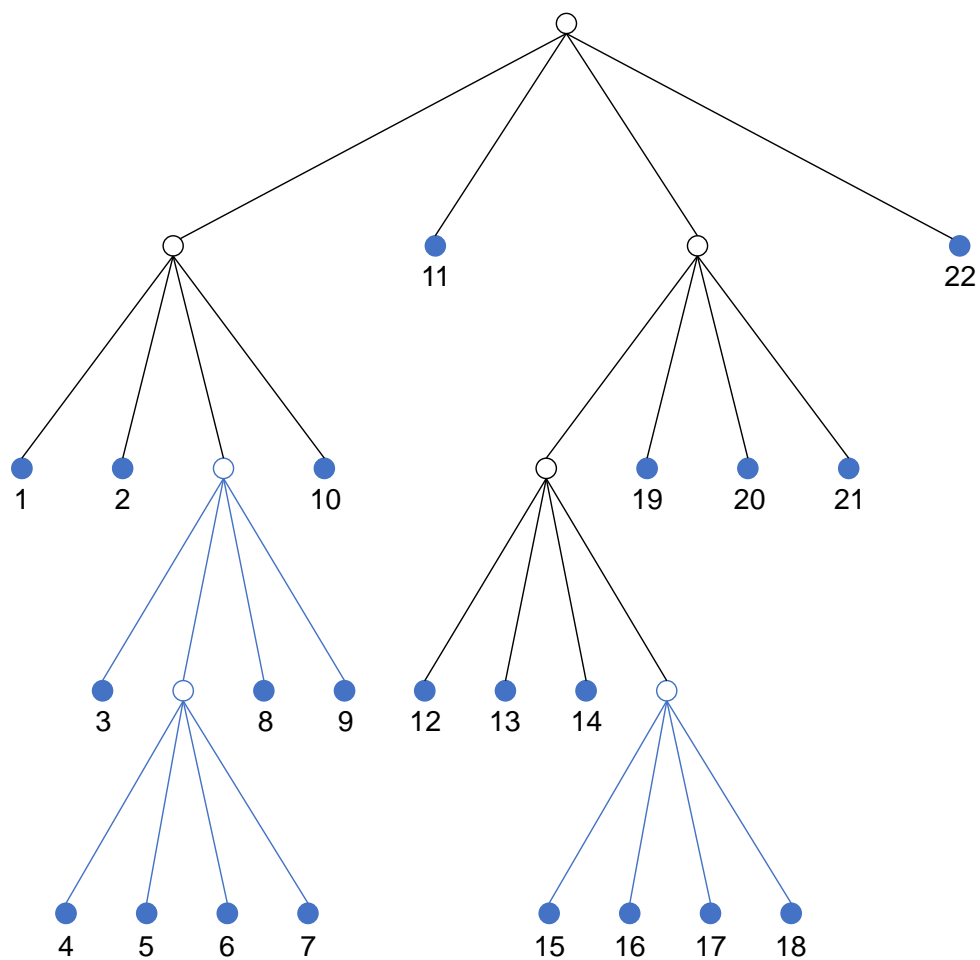


Figura 6 – RQTs associadas à figura 5. Adaptação: (SCHWARZ, 2014).

### 3 PREDIÇÃO INTRAQUADRO DO PADRÃO HEVC

*“Todas as coisas são números”*

Pitágoras

A predição intraquadro no domínio espacial foi uma inovação do padrão H.264/AVC em relação aos seus antecessores, que até então exploravam a redundância espacial apenas no domínio das frequências (WIEGAND, 2003). O padrão HEVC define diversas novas técnicas para este módulo, tornando-o mais eficiente e mais complexo quando comparado diretamente ao do padrão antecessor. No HEVC, a predição intraquadro pode ser dividida em três principais etapas: pré-processamento das amostras de referência, predição de amostras e pós-processamento das amostras preditas.

Este capítulo aborda, detalhadamente, conceitos relacionados ao módulo de predição intraquadro do padrão HEVC.

#### 3.1 Pré-processamento de Amostras de Referência

Todos os modos de predição intraquadro do HEVC utilizam como referência amostras de TUs previamente reconstruídas adjacentes à PU que deve ser predita, e por isso, os tamanhos de bloco utilizados neste tipo de predição são aqueles permitidos nas transformadas – 4×4, 8×8, 16×16 e 32×32 (ROSEWARNE, 2015).

A figura 7 ilustra quais amostras são utilizadas como referência para a predição de um bloco  $N \times N$ , sendo neste exemplo  $N=8$ . As amostras em cinza claro e cinza escuro são respectivamente referências de TUs à esquerda e acima da PU em questão, identificadas pela matriz  $p[x][y]$ .

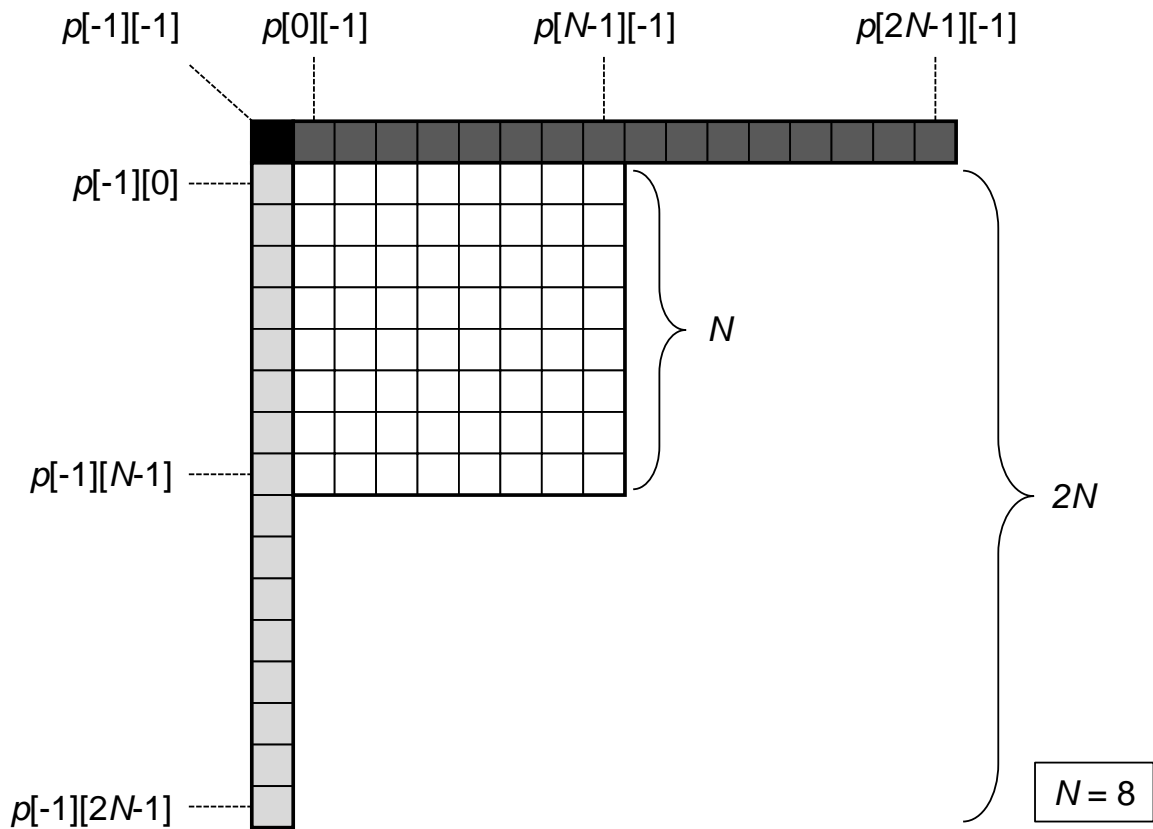


Figura 7 – Amostras de regiões vizinhas utilizadas como referência na predição intraquadro do HEVC para um bloco  $N \times N$  e  $N=8$ .

Em geral, a predição de uma PU de tamanho  $N \times N$  requer  $4N+1$  amostras de referência: o dobro da dimensão do bloco em quantidade de referências à esquerda ( $p[-1][0 \dots 2N-1]$ ), o dobro acima ( $p[0 \dots 2N-1][-1]$ ), e uma amostra alinhada diagonalmente à PU em questão ( $p[-1][-1]$ ).

Nesta etapa que precede a predição, o HEVC introduz técnicas para substituição de amostras de referência que não estão disponíveis e também para a filtragem com o objetivo de suavizar o vetor de amostras.

### 3.1.1 Substituição de Amostras de Referência

Amostras de referência reconstruídas podem não estar disponíveis para uso durante a predição intraquadro. Por exemplo, são consideradas indisponíveis amostras que excedem os limites de um quadro, *slice* ou *tile*. Ainda, o padrão HEVC permite o uso de um modo de operação que faz com que regiões de PUs codificadas pela predição interquadros não sejam disponibilizadas como referência na predição intraquadro (SULLIVAN, 2012).



A substituição de amostras indisponíveis ocorre da seguinte forma: Se nenhuma das  $4N+1$  amostras estiver disponível, todas devem ser substituídas pelo valor médio da largura de bits, como por exemplo, o valor 128 para uma largura de 8 bits. Senão, se existir pelo menos uma amostra disponível, uma análise deve ser feita em sentido horário partindo da amostra  $p[-1][2N-1]$ . A figura 8 (esq.) ilustra um cenário com amostras de referência indisponíveis (rotuladas com ponto de interrogação) e a figura 8 (dir.) ilustra o resultado da aplicação da substituição de amostras neste mesmo cenário. Nesta figura pode ser visto que se a análise começar em amostras indisponíveis, estas serão substituídas pela primeira disponível (amostra A na figura 8), enquanto as demais amostras não disponíveis serão substituídas pela última disponível encontrada (amostras D e F no figura 8) (LAINEMA, 2014).

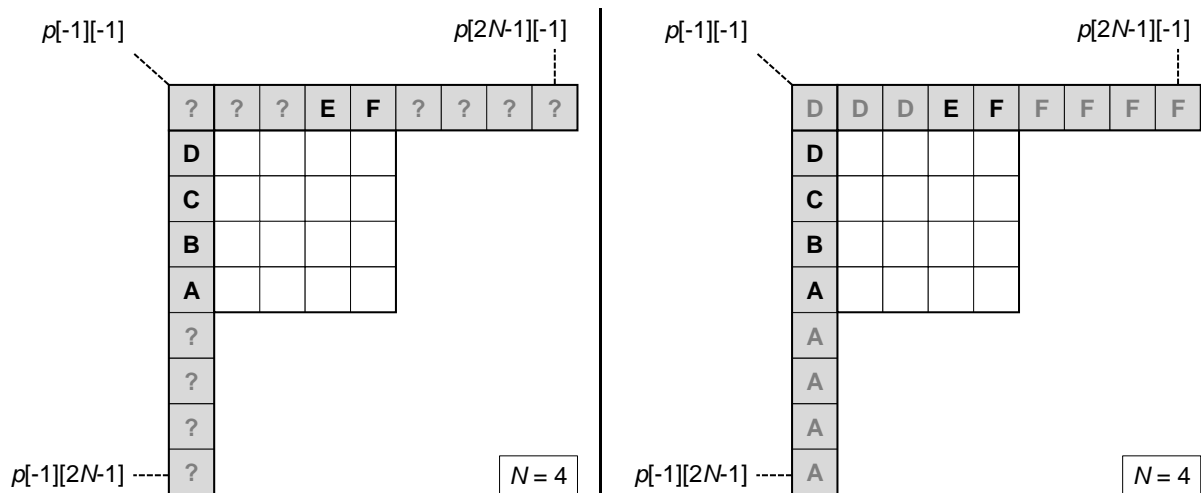


Figura 8 – Ilustração de amostras de referência indisponíveis (esq.) e de amostras após aplicação da substituição de amostras indisponíveis (dir.).

### 3.1.2 Pré-Filtragem de Amostras de Referência

O objetivo da pré-filtragem de amostras de referência do padrão HEVC é eliminar variações bruscas de valores entre amostras adjacentes, ou seja, suavizar a coleção de amostras para evitar o aparecimento de bordas indesejadas no resultado da predição. No entanto, o uso ótimo dos filtros está condicionado ao modo de predição intraquadro selecionado e ao tamanho do bloco a ser predito, cabendo ao codificador fazer a decisão adequada.



O segundo tipo de filtro suportado se trata de uma interpolação linear ponderada pela distância das amostras que resulta em um efeito gradiente. Este filtro só pode ser utilizado se o tamanho de PU for 32x32 e se ambas as inequações (4-5) forem satisfeitas, nas quais  $b$  é a largura de bits. Neste filtro as amostras utilizadas são as  $p[-1][-1]$ ,  $p[-1][2N-1]$  e  $p[2N-1][-1]$  (amostras I, A e Q na figura 9) para substituir todas as demais com base nas equações (6-7).

$$|p[-1][-1] + p[63][-1] - 2 * p[31][-1]| < (1 \ll (b - 5)) \quad (4)$$

$$|p[-1][-1] + p[-1][63] - 2 * p[-1][31]| < (1 \ll (b - 5)) \quad (5)$$

$$p[x][-1] = ((63 - x) * p[-1][-1] + (x + 1) * p[63][-1] + 32) \gg 6 \quad (6)$$

$$p[-1][y] = ((63 - y) * p[-1][-1] + (y + 1) * p[-1][63] + 32) \gg 6 \quad (7)$$

## 3.2 Predição de Amostras

O padrão HEVC suporta um total de 35 modos de predição para todos os quatro tamanhos de bloco permitidos. Esta seção descreve detalhadamente o funcionamento destes modos.

### 3.2.1 Predição Intra Angular (Modos 2-34)

Dos 35 modos suportados pelo padrão, 33 pertencem aos chamados modos angulares, utilizados para a predição de regiões com características direcionais, onde bordas bem definidas estão presentes (SULLIVAN, 2012).

Esta predição é similar àquela feita pelos modos direcionais do padrão H.264/AVC, porém com um maior número de amostras de referência, de ângulos e de tamanhos de bloco. Mais precisamente, a predição angular é realizada a partir da extrapolação de amostras reconstruídas de blocos adjacentes em uma determinada direção. A figura 10 ilustra todas as 33 direções suportadas no padrão HEVC.

Cada modo angular, ou direção, possui um ângulo associado. Como os modos angulares do HEVC operam com uma precisão de 1/32 de amostra, estes ângulos são medidos em deslocamento de 1/32 de amostra (LAINEMA, 2012). No entanto, os ângulos não são distribuídos uniformemente, pois ao longo do desenvolvimento do padrão testes indicaram que uma melhor

eficiência poderia ser obtida se o deslocamento entre ângulos fosse menor quando próximos das retas horizontal e vertical. Os ângulos associados a cada modo podem ser visualizados juntamente com suas direções reais na figura 11 e verificados de maneira precisa na tabela 2.

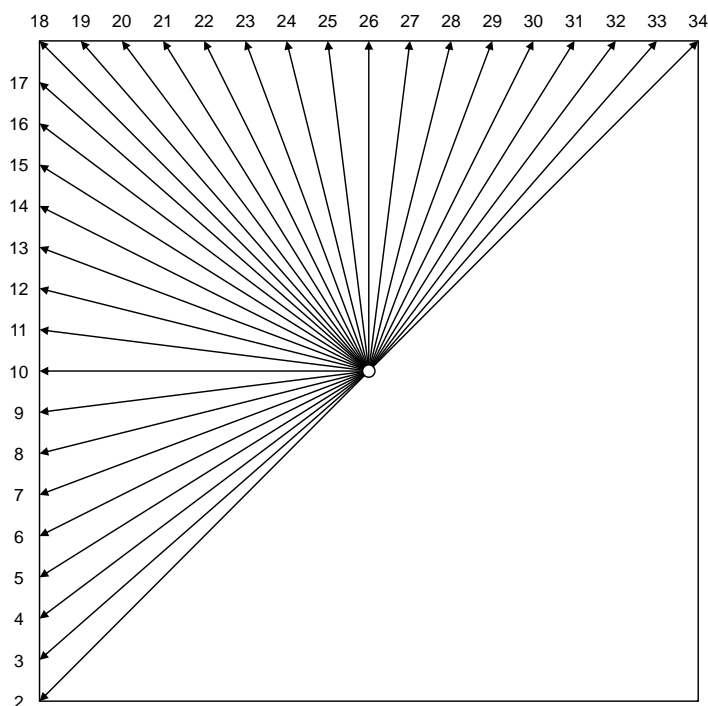


Figura 10 – Direções dos modos de predição intraquadro e seus respectivos números identificadores de 2 a 34. Adaptação: (ISO/IEC, 2013).

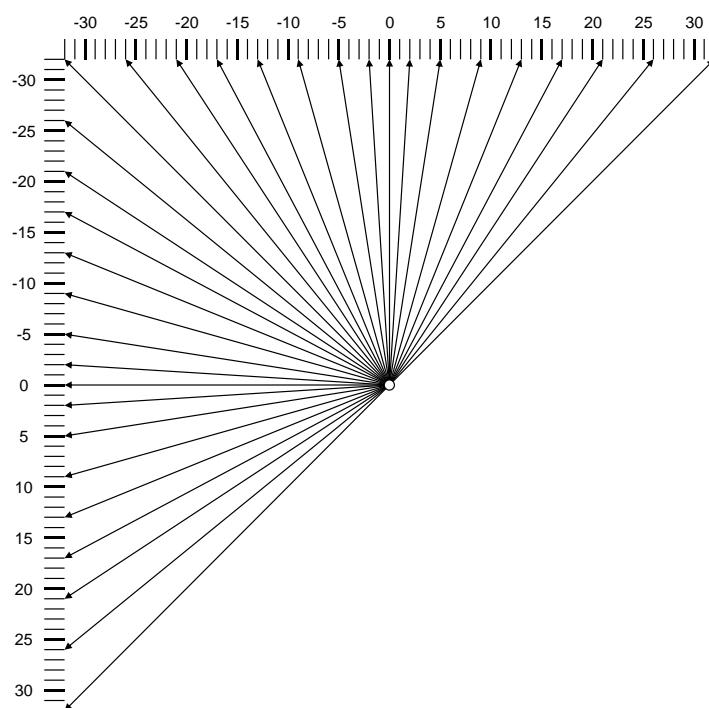


Figura 11 – Ilustração dos ângulos associados aos modos angulares. Adaptação: (ISO/IEC, 2013).

Tabela 2 – Especificação dos ângulos para cada modo angular (ISO/IEC, 2013).

M	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A	32	26	21	17	13	9	5	2	0	-2	-5	-9	-13	-17	-21	-26

M	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
A	-32	-26	-21	-17	-13	-9	-5	-2	0	2	5	9	13	17	21	26	32

Para simplificação do processo de predição, um único *array* unidimensional é criado para armazenar as amostras de referência necessárias com base no modo de predição. Caso o modo angular selecionado tenha um ângulo positivo, como é o caso dos modos horizontais 2-10 e verticais 26-34, o *array* deve ser construído simplesmente a partir da cópia da coluna de referência ou linha de referência respectivamente, conforme descrito pelas equações (8-9).

No entanto, caso o modo tenha um ângulo negativo, tanto a coluna quanto a linha de referência serão necessárias para a predição. Neste caso, o *array* de referência deve ter seus índices positivos preenchidos como citado anteriormente e índices negativos preenchidos a partir da projeção da linha de referência para estender a coluna de referência para cima, ou da projeção da coluna para estender a linha para a esquerda, no caso de predição horizontal e vertical respectivamente.

Seja  $ref[y]$  o *array* para modos horizontais 2-17 e  $ref[x]$  para modos verticais 18-34, o preenchimento das posições positivas deste *array* acontece como descrito pelas equações (8-9) e das posições negativas como descrito pelas equações (10-11). Nas duas últimas equações,  $B$  é o inverso do ângulo associado ao modo e seu valor para cada modo com ângulo negativo pode ser visto na tabela 3.

$$ref[y] = p[-1][y - 1], (y \geq 0) \quad (8)$$

$$ref[x] = p[x - 1][-1], (x \geq 0) \quad (9)$$

$$ref[y] = p[(y * B + 128) \gg 8 - 1][-1], (y < 0) \quad (10)$$

$$ref[x] = p[-1][(x * B + 128) \gg 8 - 1], (x < 0) \quad (11)$$

Tabela 3 – Especificação dos ângulos invertidos para cada modo angular negativo (ISO/IEC, 2013).

M	11	12	13	14	15	16	17	18
B	-4096	-1638	-910	-630	-482	-390	-315	-256

M	19	20	21	22	23	24	25
B	-315	-390	-482	-630	-910	-1638	-4096

Após a construção do *array*, a predição das amostras do bloco atual é feita a partir da projeção das amostras de referência com uma interpolação linear que considera as duas amostras de referência mais próximas da direção da predição.

A predição de amostras para os modos horizontais 2-17 é dada pela equação (12) e, para os modos verticais 18-34 pela equação (13). Este cálculo necessita do valor de  $i$ , que é o deslocamento da amostra de referência no *array*; para modos horizontais dado pela equação (14) e para verticais pela equação (15). Ainda, necessita também do valor de  $f$ , que é a parte fracionária do deslocamento; para modos horizontais dado pela equação (16) e para verticais pela equação (17).

$$p[x][y] = ((32 - f) * ref[y + i + 1] + f * ref[y + i + 2] + 16) \gg 5 \quad (12)$$

$$p[x][y] = ((32 - f) * ref[x + i + 1] + f * ref[x + i + 2] + 16) \gg 5 \quad (13)$$

$$i = ((x + 1) * A) \gg 5 \quad (14)$$

$$i = ((y + 1) * A) \gg 5 \quad (15)$$

$$f = ((x + 1) * A) \& 31 \quad (16)$$

$$f = ((y + 1) * A) \& 31 \quad (17)$$

A figura 12 ilustra a projeção de amostras de referência para uso no modo angular 18 em uma PU 4x4. Inicialmente, por este ser um modo vertical negativo, a linha de referência deve ser estendida para a esquerda utilizando amostras da coluna de referência de acordo com a direção do modo, conforme mostra a figura 12 (esq.). Isso significa preencher as posições não negativas do *array* com as amostras necessárias de acordo com a equação (9), e as posições negativas de acordo com a equação (11). Por fim, o *array* de oito amostras é utilizado para gerar o bloco predito de acordo com as equações (13, 15, 17), conforme mostra a figura 12 (dir.). Neste caso, a amostra  $ref[4]$  nunca é utilizada, pois o subconjunto de modos {2, 10, 18, 34} são casos especiais onde o cálculo do  $f$  sempre resulta em zero, fazendo com que haja uma cópia simples de uma amostra ao invés de uma interpolação entre duas.

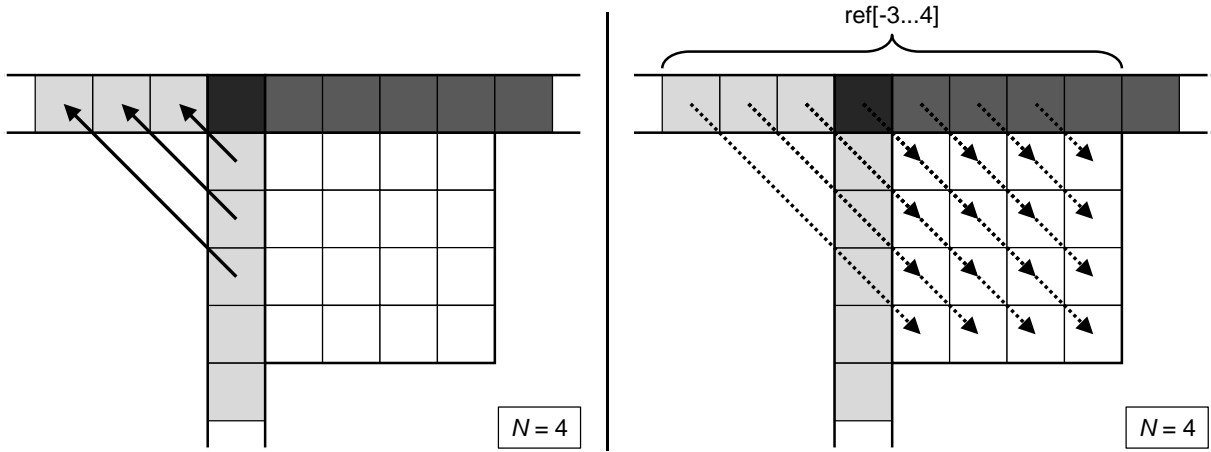


Figura 12 – Projeção de amostras de referência no modo angular 18 em uma PU 4×4 (esq.) e aplicação das amostras para predição (dir.).

### 3.2.2 Predição Intra DC (Modo 1)

O modo DC é um modo que requer baixo esforço computacional e que é eficiente principalmente para regiões com texturas bastante homogêneas. Neste modo, o bloco predito é sólido, ou seja, todas as amostras têm o mesmo valor. Este valor único, chamado *dc\_val*, é obtido pela média de todas as amostras de referência imediatamente adjacentes ao bloco a ser predito, conforme a equação (18). A figura 14 ilustra em tons de cinza quais amostras de referência são utilizadas para a predição do modo DC.

$$dc\_val = \left( N + \sum_{i=0}^{N-1} (p[i][-1] + p[-1][i]) \right) \gg (\log_2(N) + 1) \quad (18)$$

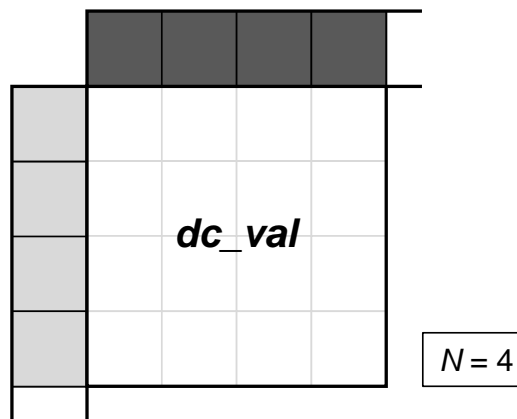


Figura 13 – Amostras de referência (tons de cinza) utilizadas para a predição DC de uma PU 4×4 (branco).

### 3.2.3 Predição Intra Planar (Modo 0)

O modo planar é um modo eficiente para predição de regiões com texturas gradientes ou com texturas complexas que não podem ser preditas satisfatoriamente pelos modos angulares. Quando comparado ao modo DC este modo requer um maior esforço computacional, mas por outro lado, a predição planar oferece a vantagem de preservar a continuidade nas bordas das PUs preditas.

Cada amostra predita deve passar por três etapas de predição: Uma interpolação linear horizontal, definida pela equação (19); uma interpolação linear vertical, definida pela equação (20); e, por fim, uma média aritmética entre estas duas interpolações, definida pela equação (21). A figura 14 ilustra as interpolações horizontal e vertical e, através dela, pode ser inferido que as amostras  $p[N][-1]$  e  $p[-1][M]$  (amostras A e R na figura 14) são utilizadas para todas predições horizontais e verticais respectivamente – com o objetivo de suavizar as bordas e reduzir o efeito de bloco.

$$p_H[x][y] = (N - 1 - x) * p[-1][y] + (x + 1) * p[N][-1] \quad (19)$$

$$p_V[x][y] = (N - 1 - y) * p[x][-1] + (y + 1) * p[-1][N] \quad (20)$$

$$p[x][y] = (p_H[x][y] + p_V[x][y] + N) \gg (\log_2(N) + 1) \quad (21)$$

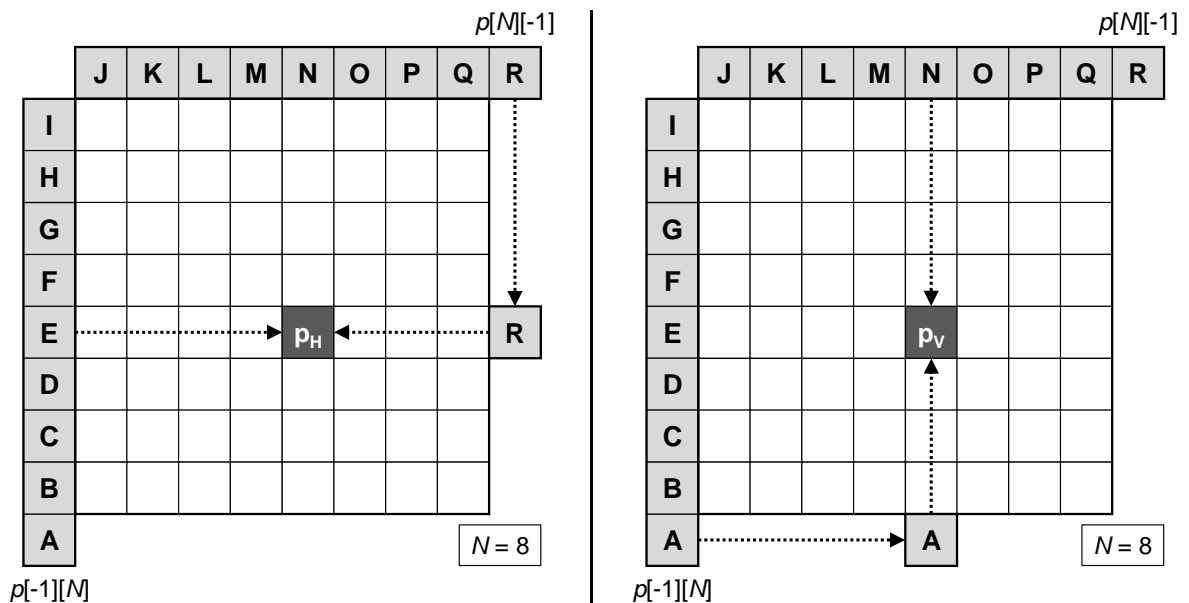


Figura 14 – Interpolações horizontal (esq.) e vertical (dir.) da predição planar em uma PU 8x8.



### 3.3 Pós-processamento de Amostras Preditas

A predição intraquadro de determinadas PUs pode deixar visualmente nítida a existência de descontinuidades com PUs adjacentes, gerando o chamado efeito de bloco. Esta característica é especialmente evidente na predição DC, que gera um bloco predito sólido; na predição angular 10 (diretamente horizontal), que ignora completamente as amostras de referência acima do bloco predito; e na predição angular 26 (diretamente vertical), que ignora as amostras ao lado esquerdo (LAINEMA, 2014). Sendo assim, blocos preditos com o modo DC tendem a apresentar descontinuidades em todas suas bordas, com o modo angular 10, em suas bordas superior e inferior, e com o modo angular 26, em suas bordas laterais.

Com o intuito de reduzir em parte este efeito de bloco gerado dentro do módulo de predição intraquadro, o padrão HEVC define filtros para suavizar determinadas bordas de PUs preditas pelos modos citados anteriormente. Entretanto, os filtros são aplicados apenas em amostras de luminância e nunca são utilizados para PUs de tamanho 32x32.

Para blocos preditos pelo modo angular 10, as amostras da borda superior devem ser substituídas a partir da aplicação do filtro definido na equação (22). Já para blocos preditos pelo modo angular 26, as amostras da borda lateral esquerda devem ser substituídas com o filtro da equação (23).

$$p[x][0] = p[x][0] + ((p[x][-1] - p[-1][-1]) \gg 1) \quad (22)$$

$$p[0][y] = p[0][y] + ((p[-1][y] - p[-1][-1]) \gg 1) \quad (23)$$

Por fim, blocos preditos pelo modo DC devem ter ambas bordas substituídas a partir da aplicação de um filtro de FIR três *taps*. A amostra do canto superior esquerdo que está contida em ambas as bordas deve receber um tratamento especial, dado pela equação (24). As demais amostras devem ser substituídas pelos filtros das equações (25-26).

$$p[0][0] = (2 * dc\_val + p[-1][0] + p[0][-1] + 2) \gg 2 \quad (24)$$

$$p[x][0] = (3 * dc\_val + p[x][-1] + 2) \gg 2 \quad (25)$$

$$p[0][y] = (3 * dc\_val + p[-1][y] + 2) \gg 2 \quad (26)$$

### 3.4 Sintaxe de Codificação Intraquadro

Como mencionado em seções anteriores, o módulo de predição intraquadro do padrão HEVC incrementa drasticamente o número de modos de predição intraquadro possíveis, quando comparado ao padrão antecessor H.264/AVC. Por causa disto, o padrão define uma nova sintaxe de codificação intraquadro para que estes modos sejam sinalizados com o menor *overhead* possível. Esta seção explica, de maneira separada, a sintaxe de codificação para predição de amostras de luminância e de croma.

#### 3.4.1 Sintaxe para Predição de Amostras de Luminância

Antes da apresentação dos elementos sintáticos, é importante que seja entendido o algoritmo MPM (*Most Probable Mode*) que define os três modos mais prováveis para a codificação intraquadro de uma PB de luminância de forma que estes modos custem menos bits para serem representados.

Sejam  $A$  e  $B$  os modos de codificação utilizados nas CUs vizinhas localizadas imediatamente à esquerda e acima da CU em questão respectivamente, e  $X$  uma variável que pode representar tanto  $A$  quanto  $B$ ; dois subalgoritmos são usados, conforme apresentado pelos fluxogramas das figuras 15 e 16.

O primeiro subalgoritmo (Figura 15) tem a função específica de, heurísticamente, considerar que todos blocos vizinhos tenham sido codificados com modos intra, mesmo que não tenham sido. Este subalgoritmo é dado pelos seguintes passos: Se alguma das duas CUs vizinhas não estiver disponível, então considera-se que o modo utilizado foi o DC. Senão, se a CU vizinha de cima fizer parte de uma CTU diferente, então considera-se que o modo utilizado foi o DC. Senão, se alguma das CUs vizinhas tiver sido codificada com a predição interquadros, considera-se que o modo utilizado foi o DC. Senão, o modo intra utilizado é o próprio modo que codificou a CU vizinha.

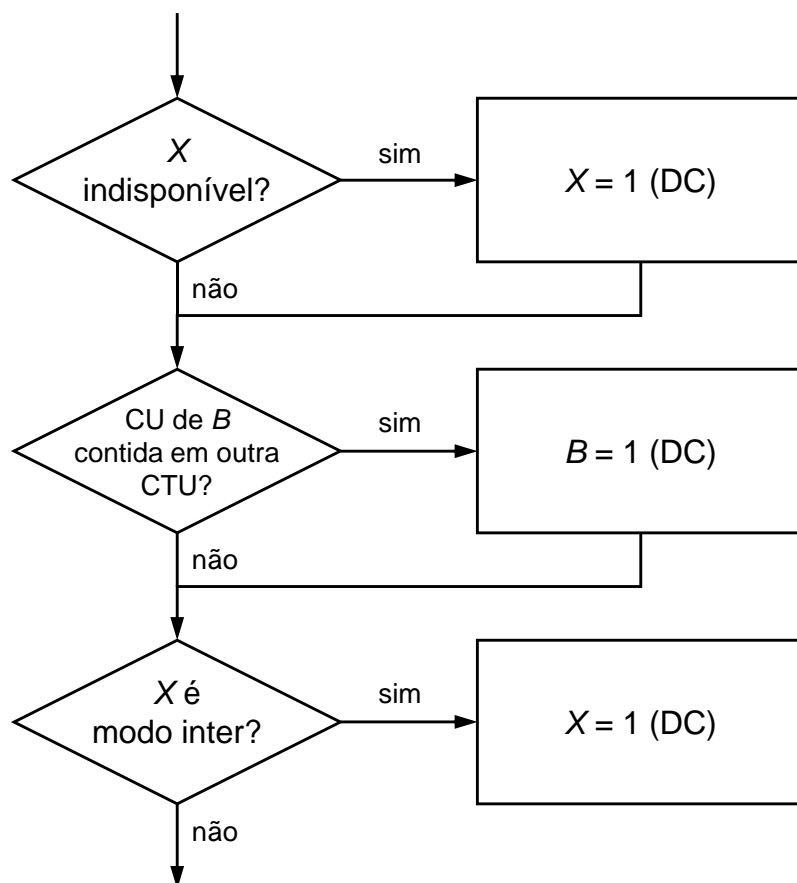


Figura 15 – Primeira etapa do algoritmo de determinação dos MPMs.

O segundo subalgoritmo (Figura 16), com base nos modos dos dois vizinhos determinados pelo primeiro subalgoritmo, tem a função específica de determinar os três MPMs e armazenar os respectivos modos em um *array candModeList[0...2]*. Se os modos de codificação das CUs vizinhas forem diferentes ( $A \neq B$ ), então estes dois modos serão os dois primeiros MPMs. Nesta condição, o terceiro MPM será o modo DC se nem A nem B forem DC, ou então será o modo planar se nem A nem B forem planar, ou então será o modo angular 26 caso A e B sejam DC e planar. Por outro lado, se o modo de codificação das CUs vizinhas forem iguais ( $A = B$ ) e este modo for DC ou planar, então os três MPMs serão DC, planar e angular 26. Já se os modos forem iguais e angular, então este modo será um MPM e os outros dois serão os angulares imediatamente adjacentes.

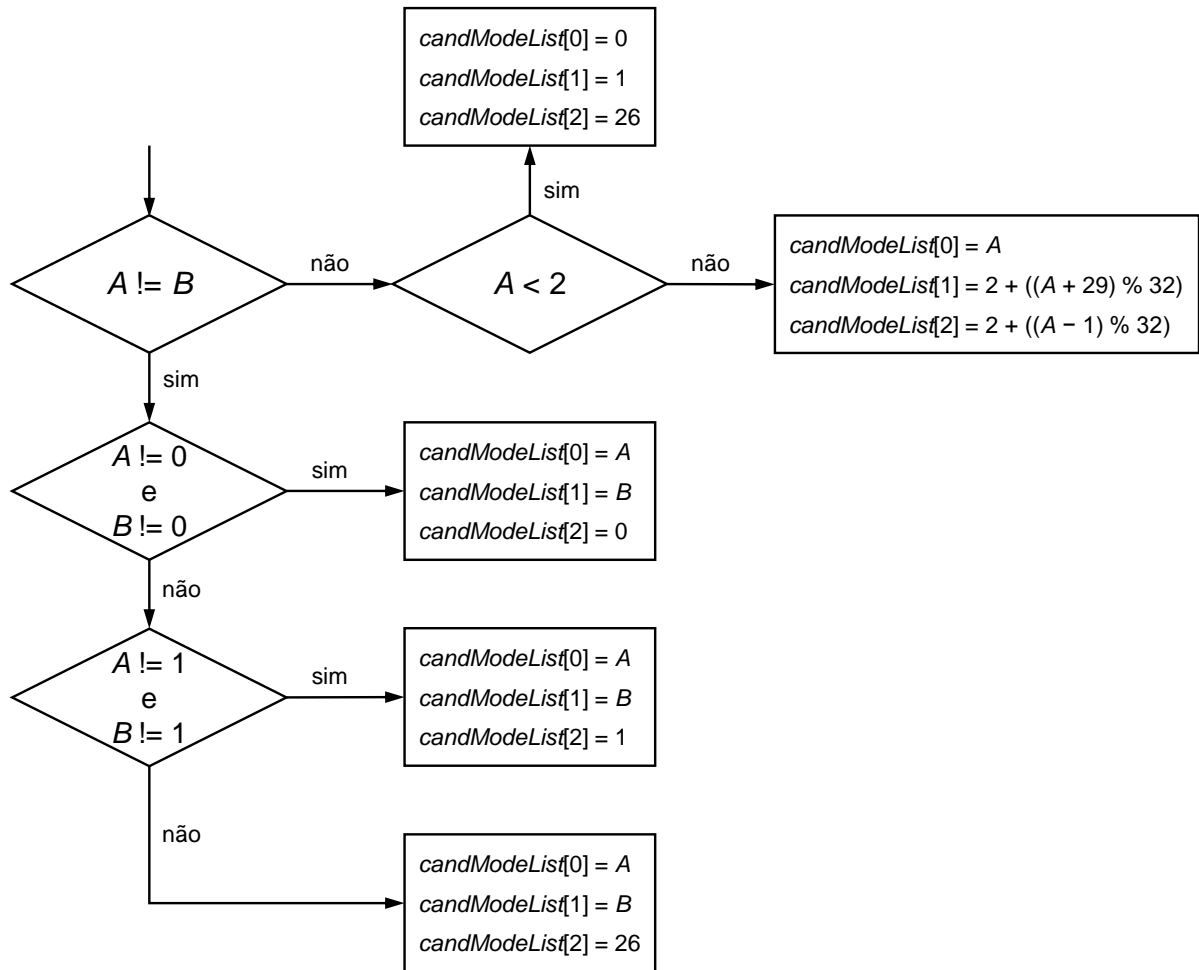


Figura 16 – Segunda etapa do algoritmo de determinação dos MPMs.

Com base no algoritmo de determinação dos MPMs, uma *flag* chamada *prev\_intra\_luma\_pred\_flag* compõe a sintaxe das CUs. Quando esta *flag* possuir o valor 1, então o modo de predição da CU em questão é um dos três MPMs, sendo assim possível representar este modo com a palavra *mpm\_idx* de apenas dois bits, a qual indica o índice deste modo dentro do array *candModeList[0..2]*. Quando esta *flag* possuir o valor 0, então se tem o caso menos provável do modo de predição ser um dos 32 modos restantes e, por isso, o codificador deve gerar uma palavra de cinco bits *rem\_intra\_luma\_pred\_mode* para representar o modo escolhido dentro de um intervalo de 0..31. Esta palavra é gerada da seguinte forma: Primeiramente o array *candModeList[0..2]* é posto em ordem crescente e, posteriormente, um laço de repetição (para  $i=0..2$ ) incrementa o valor que identifica o modo escolhido quando este for maior ou igual ao valor do MPM armazenado em *candPredMode[i]*.

### 3.4.2 Sintaxe para Predição de Amostras de Crominância

O padrão HEVC define uma sintaxe específica para sinalizar os modos de predição intraquadro para amostras de croma que permite aumentar muito o número de modos permitidos sem que haja um *overhead* significativo na taxa de bits. Os cinco modos primários de sinalização para uma PB de croma são: planar, angular 10, angular 26, DC e o derivado. Este chamado modo derivado indica que a PB de croma utiliza o mesmo modo de predição da PB de luminância. Com este esquema, todos os modos angulares definidos para amostras de luminância também podem ser utilizados na predição de amostras de croma (SULLIVAN, 2012).

Desta forma, uma palavra chamada *intra\_chroma\_pred\_mode* compõe a sintaxe das CUs. Quando o modo derivado é utilizado para a codificação da PB de croma, esta palavra recebe um bit com valor zero; caso contrário, esta palavra recebe um código de três bits, conforme apresentado na tabela 4. Este esquema permite, também, que o modo angular 34 seja sinalizado caso o modo derivado coincida com um dos modos primários.

Tabela 4 – Codificação dos modos intraquadro para amostras de croma.

Código Binário	Modo Primário	Modo Alternativo
100	Planar	Angular 34
101	Angular 26	Angular 34
110	Angular 10	Angular 34
111	DC	Angular 34
0	Derivado	n/a

### 3.5 Decisão Interna de Modo

Com o objetivo de atingir uma eficiência ótima na relação taxa-distorção, durante a codificação, implementações de codificadores de vídeo devem ser capazes de selecionar modos de codificação que resultem na menor distorção da imagem possível para uma dada restrição de taxa de bits, ou vice-versa.

Lidar com este problema bastante complexo é o papel do algoritmo RDO (*Rate-Distortion Optimization*) (SULLIVAN, 1998), que para um conjunto finito de modos a serem testados, sempre seleciona aquele que resulta no menor custo possível em taxa-distorção, verificado apenas após todo o ciclo de reconstrução e entropia. A equação (27) define o RDO, tal que  $J$  é o custo para um modo de

predição,  $D$  é uma métrica de distorção,  $\lambda$  é o multiplicador lagrangeano e  $R$  é a taxa de bits. O multiplicador lagrangeano é responsável por priorizar uma variável em detrimento da outra, ou seja, valores de  $\lambda$  próximos ou iguais a zero levam a função a minimizar distorção, enquanto valores elevados de  $\lambda$  levam a função a minimizar a taxa de bits.

$$J = D + \lambda * R \quad (27)$$

Como fator agravante, o padrão HEVC aumenta drasticamente o número de partições permitidas em ambas predições intra e interquadros, além de aumentar também o número de modos. Isto faz com que o cálculo do RDO para todas as possibilidades seja impraticável em aplicações que demandam processamento em tempo real ou próximo deste.

No contexto do módulo de predição intraquadro, em geral os codificadores implementam algum tipo de modo de decisão interno para reduzir a complexidade do RDO. Com base em algum algoritmo de decisão, o módulo deve pré-selecionar um número arbitrário de candidatos para que apenas estes sejam testados pelo RDO ao passarem pelo ciclo de codificação completo.

Diversas propostas de algoritmos de decisão interna podem ser encontradas na literatura. Alguns destes algoritmos se baseiam nos parâmetros de codificação de PUs vizinhas e colocadas para realizar apenas a predição dos modos mais prováveis, como os propostos por Silva (2012) e Chen (2013); enquanto outros reutilizam decisões já tomadas na codificação de regiões vizinhas, como o proposto por Shen (2013).

Mais especificamente, no software de referência HM, o algoritmo de decisão interna da predição intraquadro é chamado de RMD (*Rough Mode Decision*) e este é utilizado desde versões iniciais do HM. O algoritmo RMD consiste na construção de uma reduzida lista de potenciais melhores candidatos para o cálculo do RDO, sendo esta lista composta por três modos para cada um dos tamanhos 64×64, 32×32 e 16×16; oito modos para cada um dos tamanhos 8×8 e 4×4; incluindo os MPMS da PU em questão (ver subseção 3.4.1).

Os ditos melhores candidatos são aqueles que resultam no menor custo taxa-distorção calculado através de uma aproximação do método apresentado pela equação (27). Esta aproximação é definida pela equação (28), tal que  $J_{pred}$  é o custo obtido, SATD (*Sum of Absolute Transformed Differences*) representa o valor resultante desta métrica que consiste na diferença transformada entre o bloco candidato e o original,  $B_{pred}$  representa o custo em bits previsto para codificação do modo em questão, e  $\lambda_{pred}$  representa o multiplicador lagrangeano para o contexto da predição intraquadro, que por sua vez, está definido na equação (29).

$$J_{pred} = SATD + \lambda_{pred} * B_{pred} \quad (28)$$

$$\lambda_{pred} = \sqrt{0,57 * 2^{((QP-12)/3.0)}} \quad (29)$$

Na equação (28) pode ser visto que o custo taxa-distorção  $J_{pred}$  diminui quanto menor for o valor do SATD (alta similaridade entre o candidato e o original), indicando baixa distorção. Além disso, o custo também diminui quanto menor for o custo em bits  $B_{pred}$  para representar a codificação de um candidato em um determinado modo.

Maiores informações sobre este algoritmo e o modo de decisão do HM podem ser encontradas em Piao (2010) e Rosewarne (2015).

## 4 TRABALHOS RELACIONADOS

*“Se a aparência e a essência das coisas coincidissem,  
a ciência seria desnecessária”*

Karl Marx

Este capítulo discute trabalhos que foram publicados na literatura a partir de 2012 e que propõem soluções arquiteturais para o módulo de predição intraquadro do codificador HEVC com foco em alta resolução e elevada taxa de amostragem de quadros. Todos os trabalhos foram acessados através da base de dados da IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) (IEEE, 2016) e ACM (*Association for Computing Machinery*) (ACM, 2016), sendo que os mais relevantes foram selecionados para esta discussão. As seções deste capítulo estão organizadas na ordem cronológica de publicação dos trabalhos.

### **4.1 A Memory Aware and Multiplierless VLSI Architecture for the Complete Intra Prediction of the HEVC Emerging Standard (PALOMINO, 2012)**

Esta foi uma das primeiras publicações a propor uma implementação em hardware para o módulo de predição intraquadro do HEVC. Neste trabalho, o documento base utilizado é o terceiro *draft* do padrão, publicado por Wiegand (2011). Este *draft* se diferencia consideravelmente do padrão vigente por não prever etapas de pós-filtragem para os modos angulares 10 e 26, e também por limitar o número de modos permitidos para alguns tamanhos de bloco.

A proposta dos autores é uma solução arquitetural capaz de processar o modo de predição DC e todos os angulares, além de suportar todos os tamanhos de PUs previstos.



Para aumento do desempenho, foi utilizado um paralelismo de dois caminhos de dados distintos, um para processar os modos angulares verticais 18-34 e outro para processar os modos angulares horizontais 2-18, repetindo o modo 18 para simplificação do controle. Além disso, não foi feito uso de multiplicadores e a técnica de *pipeline* foi explorada ao máximo para que o caminho crítico fosse de apenas um somador de 29 bits.

Com objetivo de reduzir o número de acessos à memória, foi implementado um modo de decisão interno baseado na métrica de similaridade SAD (*Sum of Absolute Differences*) para entregar ao codificador apenas o melhor candidato intraquadro. Foi reportado que esta técnica, junto com o modo de acessar amostras de referência, reduziu o acesso à memória em 95% quando comparado ao software de referência HM 2.0.

A arquitetura foi sintetizada em ASIC com tecnologia IBM 65 nm, utilizando 36,7K *gates* e com uma frequência de operação de 500 MHz. Os autores afirmam que o processamento completo de uma CTU leva 73682 ciclos de *clock*, tornando possível o processamento de vídeos HD 720p em uma taxa de 30 qps e HD 1080p em uma taxa de 13 qps.

Como pontos negativos, a arquitetura deixa de implementar as etapas de pré e pós-filtragem, sendo que o *draft* prevê a pré-filtragem e também a pós-filtragem para o modo DC. A arquitetura deixa de implementar, também, o modo de predição planar e metade dos modos angulares para PUs de tamanho 4x4, sendo que apenas o corte nos modos angulares está de acordo com o *draft*. Estes pontos mencionados mais a decisão de modo definida pelos autores irá causar impacto negativo na relação taxa-distorção, entretanto estas perdas não foram mencionadas.

#### **4.2 A High Performance and Low Energy Intra Prediction Hardware for High Efficiency Video Coding (KALALI, 2012)**

Neste trabalho o documento base é o sexto *draft* do padrão, publicado por Bross (2011). Neste *draft*, o desenvolvimento da predição intraquadro do padrão já se encontrava em estado bastante avançado, de forma que já eram previstos todos os modos e filtros que o padrão vigente define.

A proposta dos autores é uma arquitetura capaz de processar 16 modos angulares para PUs de tamanho 4×4 e todos os 33 angulares para PUs de tamanho 8×8, além de empregar uma estratégia de reuso de dados para reduzir o número de acessos à memória principal.

Uma das estratégias interessantes para redução de acesso à memória principal proposta pelos autores é a utilização de *buffers* internos para armazenar as PUs preditas reconstruídas para que a próxima predição tenha acesso direto às amostras de referência, sem que seja necessária a busca na memória. Contudo, esta tarefa tende a ser complexa, uma vez que o módulo de predição intraquadro não controla qual será a PU predita selecionada pelo codificador, que pode, inclusive, ter sido processado pela predição interquadros. O artigo não apresenta maiores detalhes sobre como é realizado este controle.

A tecnologia utilizada para síntese da arquitetura foi o dispositivo FPGA (*Field-Programmable Gate Array*) Xilinx Virtex-6 XC6VLX75T. A utilização de recursos do FPGA foi medida em 2381 LUTs (*Look-Up Table*), 849 DFFs (*D Flip-Flop*) e 4 BRAMs (*Block Random Access Memory*). O número de ciclos necessários para processar uma CTU é 10240, e a frequência máxima de operação foi de 150 MHz. Os autores afirmam que esta é suficiente para processar vídeos HD 1080p em uma taxa de 30 fps.

Como ponto negativo, a exclusão dos modos DC e planar irão causar um impacto perceptível na qualidade final da codificação, tendo em vista que o *draft* prevê estes modos e que estes dois modos são os mais selecionados no HEVC (ver apêndice A), mas os autores não mencionam estas perdas. Além disso, a decisão de projeto de limitar o tamanho de PUs foi tomada com base em um experimento de codificação de um único quadro da sequência de baixa resolução *Foreman*, fazendo com que os resultados não sejam confiáveis para codificação de vídeos de alta resolução.

### **4.3 On Hardware Architecture and Processing Order of HEVC Intra Prediction Module (ZHOU, 2013)**

Neste trabalho o documento base é o décimo e último *draft* do HEVC, publicado por Bross (2013). Assim como o sexto documento mencionado anteriormente, este décimo *draft* se assemelha ao padrão vigente no que diz respeito à predição intraquadro.

A proposta dos autores é uma arquitetura capaz de processar todos os 35 modos de predição para todos tamanhos de PU. A arquitetura é baseada em 64 unidades funcionais de predição capazes de operar paralelamente para processar PUs de tamanho 8×8 e, assim, todos outros tamanhos de PU são agregados ou divididos para chegarem ao tamanho 8×8.

Além disso, foi observado pelos autores que, no pior caso, um modo de predição nunca utilizará todas as amostras de referência e, para viabilizar a leitura da memória principal na taxa desejada, foi utilizada uma estratégia de processamento no qual os modos de predição são divididos em três categorias, sendo que, no pior caso, o processamento de uma categoria requer aproximadamente metade das amostras de referência.

A arquitetura foi sintetizada em ASIC com tecnologia TSMC 130 nm, utilizou aproximadamente 324K *gates* e executa com uma frequência de 400 MHz. Os autores afirmam que nesta frequência é possível o processamento de vídeos HD 1080p em uma taxa de 80 qps.

Como pontos negativos, este trabalho deixa de implementar as etapas de pré e pós-filtragem que estão previstas no *draft*, além de fazer uso de um modo de decisão interno sem que as perdas relacionadas a estas decisões sejam mencionadas.

### **4.4 A Highly Pipeline VLSI Architecture for All Modes and Block Sizes Intra Prediction in HEVC Encoder (LIU, 2013)**

Similar ao trabalho discutido na seção 4.3, este também se baseia no décimo *draft* do padrão, publicado por Bross (2013); e também propõe uma arquitetura capaz de processar vídeos de alta definição considerando todos os modos de predição e todos os tamanhos de PU.

A arquitetura possui unidades funcionais de predição capazes de operar paralelamente para processar PUs de tamanho  $4 \times 4$  e, assim, todos outros tamanhos de PU divididos para chegarem ao tamanho  $4 \times 4$ . Além disso, esta arquitetura implementa um modo de decisão interno baseado na métrica SATD com a transformada *Hadamard*.

Ainda, a arquitetura implementa seu próprio laço de reconstrução para acelerar o processo de codificação. Para isso, os autores implementaram duas máquinas de predição que funcionam em *pipeline*. A primeira testa exhaustivamente todos os modos de predição considerando como referência as amostras originais e seleciona o melhor bloco predito a partir do SATD. Utilizando amostras reconstruídas, a segunda máquina executa apenas o modo de predição escolhido como melhor pela máquina anterior e reconstrói esta PU predita para uso futuro. Os autores reportaram que esta forma de escolher o melhor modo de predição causou em média um aumento de 10% BD-rate (*Bjontegaard Delta Rate*) em relação ao software de referência HM 9.0.

A arquitetura foi sintetizada em ASIC com tecnologia TSMC 65 nm, utilizou aproximadamente 77K *gates* e atingiu uma frequência de 600 MHz. Os autores afirmam que nesta frequência é possível o processamento de vídeos HD 1080p em uma taxa de 30 qps.

#### **4.5 A Double-Path Intra Prediction Architecture for the Hardware H.265/HEVC Encoder (ABRAMOWSKI, 2014)**

Neste trabalho os autores propõem uma arquitetura baseada no padrão vigente capaz de trabalhar com todos modos e predição e todos tamanhos de PU.

Com base na premissa de que o maior esforço computacional ocorre na predição de blocos de tamanho  $4 \times 4$ , os autores projetaram uma arquitetura com dois caminhos de processamento em paralelo: um apenas para tamanho  $4 \times 4$  e outro para os demais tamanhos previstos pelo padrão.

No entanto, o trabalho descreve apenas os circuitos de predição sem fazer menção a um circuito de decisão. Além disso, dados de eficiência de compressão não foram apresentados.

A arquitetura foi sintetizada em ASIC com tecnologia TSMC 130 nm, utilizou 127K *gates* e executa com uma frequência de 200 MHz. Os autores afirmam que nesta frequência é possível o processamento de vídeos HD 1080p em uma taxa de 35 qps.

#### 4.6 Encoder Hardware Architecture for HEVC (TSAI, 2014)

Neste trabalho, os autores propõem a arquitetura de um codificador completo baseado no padrão vigente.

Dentro do contexto do codificador completo que apresenta perdas expressivas de 17,31% BD-rate na relação taxa-distorção em configuração *Low Delay*, o módulo intraquadro é responsável por 1,03% BD-rate destas perdas. Este impacto está associado, principalmente, ao fato da solução processar no máximo 12 candidatos por bloco, com base em uma heurística que determina quais são os 12 mais prováveis, apesar de dar suporte a todos modos de predição.

É importante ressaltar que o impacto de 1,03% BD-rate causado pelo módulo intraquadro foi medido pelos autores apenas com a configuração *Low Delay*, e que nesta configuração, apenas o primeiro quadro de um GOP (*Group of Pictures*) é forçado a ter *slices* do tipo I e, por isso, não é a configuração ideal para medir impactos causados por alterações no módulo de predição intraquadro. Sendo assim, é seguro assumir que o BD-rate medido na configuração *All Intra* seria expressivamente maior.

A arquitetura do codificador completo foi sintetizada em ASIC com tecnologia TSCM 28 nm, utilizou 8350K *gates*. Executando em uma frequência de 312 MHz para processar vídeos UHD 8K em uma taxa de 30 qps, a solução apresentou uma dissipação de potência de 708 mW. O módulo intraquadro isolado utilizou 1148K *gates* (13,8%) do total. Informações de potência dissipada para o módulo intraquadro não foram informadas.

## 4.7 Considerações Finais

Neste capítulo foram discutidos seis trabalhos que descrevem propostas de arquiteturas para o módulo de predição intraquadro do padrão HEVC. A tabela 5 agrupa estes trabalhos e coloca suas principais características lado a lado.

Pode-se verificar facilmente que a maioria dos trabalhos foram projetados com foco no processamento de resolução HD 1080p, com exceção de Palomino (2011), que não atinge uma taxa de amostragem de quadros suficiente para esta resolução, e de Tsai (2014), que atinge uma a resolução superior UHD 8K, embora com uma baixa taxa de amostragem para esta resolução.

Tabela 5 – Comparação entre trabalhos da literatura.

<b>Critério</b>	<b>Palomino (2011)</b>	<b>Kalali (2012)</b>	<b>Zhou (2013)</b>	<b>Liu (2013)</b>	<b>Abramow. (2014)</b>	<b>Tsai (2014)</b>
<b>Tamanhos de PU</b>	Todos	4×4, 8×8	Todos	Todos	Todos	Todos
<b>Modos de Predição</b>	Todos exceto Planar	Todos exceto DC e Planar	Todos	Todos	Todos	Todos
<b>Decisão de Modo</b>	Único melhor SAD	n/a	n/a	Único melhor SATD	n/a	12 candidatos
<b>Filtros</b>	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
<b>BD-rate</b>	n/a	Não	n/a	10% (n/a)	n/a	1,03% (LD)
<b>Padrão</b>	HEVC (Draft 3)	HEVC (Draft 3)	HEVC (Draft 10)	HEVC (Draft 10)	HEVC (Vigente)	HEVC (Vigente)
<b>Tecnologia</b>	IBM 65 nm	Xilinx Virtex-6	TSMC 130 nm	TSMC 65 nm	TSMC 130 nm	TSMC 28 nm
<b>Área</b>	37K gates	2381 LUTs, 849 DFFs, 4 BRAMs	324K gates	77K gates	127K gates	1148K gates
<b>Frequência</b>	500 MHz	150 MHz	400 MHz	600 MHz	200 MHz	312 MHz
<b>Potência</b>	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	708 mW (Codificador completo)
<b>Taxa de Proc.</b>	HD 1080p 13 qps	HD 1080p 30 qps	HD 1080p 80 qps	HD 1080p 30 qps	HD 1080p 35 qps	UHD 8K 30 qps

Pode-se observar, também, que apenas os dois trabalhos mais recentes foram baseados no padrão vigente, enquanto os outros foram desenvolvidos e publicados durante o desenvolvimento do padrão.

Apenas dois trabalhos forneceram dados de relação taxa-distorção, um dado de extrema importância que deve ser informado sempre que uma implementação seja diferente do software de referência. Outra informação de extrema relevância no projeto de arquiteturas dedicadas à codificação de vídeo é a dissipação de potência, que apenas o trabalho de Tsai (2014) mencionou, embora o dado informado seja de um codificador completo e não do módulo intraquadro isolado.

As soluções que serão apresentadas por este trabalho foram desenvolvidas para apresentar resultados competitivos em relação aos diferentes trabalhos da literatura, procurando preencher as deficiências verificadas nestes trabalhos. Junto com estas propostas, serão apresentados todos dados relevantes em um projeto de hardware para codificação de vídeo, como taxa de processamento, impacto em BD-rate, uso de recursos de hardware, dissipação de potência e eficiência energética.

## 5 SOLUÇÕES ARQUITETURAIS PARA A PREDIÇÃO INTRAQUADRO

*“Muitas vezes as coisas que me pareceram verdadeiras  
quando comecei a concebê-las tornaram-se falsas  
quando quis colocá-las sobre o papel”*

René Descartes

Neste capítulo, a seção 5.1 descreve a exploração de corte de recursos da predição intraquadro que foi conduzida através de experimentos em software. Estes experimentos foram utilizados como base para as decisões de projeto de três soluções arquiteturas para a predição intraquadro do padrão HEVC que atribuem diferentes valores ao *trade-off* entre uso de recursos de hardware, nível de paralelismo e eficiência de compressão. As seções 5.2, 5.3 e 5.4 apresentam as soluções desenvolvidas em detalhes. Estas soluções foram projetadas com foco em síntese ASIC, sendo que a exploração em cima dos dados de síntese, como área ocupada, taxa de processamento, potência dissipada e eficiência energética são apresentados no capítulo seguinte.

### 5.1 Exploração com o Software de Referência do Padrão HEVC

Devido à elevada quantidade de tamanhos de PU e modos de predição a serem testados, um grande problema encontrado no projeto de soluções para o módulo de predição intraquadro do padrão HEVC é a taxa de processamento, principalmente quando o objetivo é se atingir tempo real de processamento para vídeos de altíssimas resoluções e taxas de amostragem.



Com o objetivo de se desenvolver arquiteturas capazes de atingir um elevado desempenho aliado a um baixo custo em área e baixa dissipação de potência, foi levantada a hipótese de se dar suporte apenas a um subconjunto de tamanhos de bloco e de modos de predição. Esta hipótese foi inicialmente estudada a partir da realização de experimentos com o software de referência HM 16.2, seguindo as CTCs mais atuais definidas por Bossen (2013).

As CTCs determinam um conjunto sequências de vídeo e um conjunto de parâmetros de codificação que devem ser utilizados por todos autores que desejam realizar uma comparação precisa e justa entre seus trabalhos sobre o HEVC. O documento define um total de 24 vídeos que devem ser codificados, sendo estes divididos entre seis classes. As resoluções variam de 2560×1600 até 416×240 pixels, as taxas de amostragem variam de 60 até 24 qps, e o número de bits por amostra entre 8 e 10 bits. Cada sequência deve ser codificada com quatro diferentes configurações de QP. Para este trabalho, que envolve alterações apenas no módulo de predição intraquadro, o modo de codificação *All Intra* para o perfil *main* foi o único testado.

Primeiramente, fez-se um levantamento de quais tamanhos de PU e quais modos de predição ocorrem com maior frequência. Em seguida, com base nos resultados obtidos, novos experimentos foram realizados a partir de modificações no software de referência, desta vez com o objetivo de verificar o impacto em taxa-distorção medido em BD-rate causado pelo corte de alguns tamanhos de PU e modos de predição menos frequentes. Ainda nestes experimentos, foi verificado o impacto causado por diferentes estratégias de decisão de modo.

É importante salientar que a decisão de modo ótima deve testar, através do caminho completo de codificação, todas as combinações de tamanhos e modos de predição, mas como este método requer um esforço computacional proibitivo, opta-se por selecionar um número reduzido de candidatos para serem avaliados pelo codificador. O método aplicado pelo software de referência é o RMD (ver seção 3.5), enquanto soluções em hardware tipicamente optam por selecionar candidatos baseados apenas em métricas locais de distorção. As decisões de modo testadas neste trabalho são baseadas na realização da predição de todos os 35 modos, na obtenção do valor de SAD de cada candidato e na seleção de um único melhor candidato (decisão mais simples) ou seleção de oito melhores candidatos (decisão mais complexa).

### 5.1.1 Análise da Frequência de Escolha de Tamanhos de PU e Modos de Predição

No cenário no qual apenas a predição intraquadro é empregada, percebeu-se que o tamanho de PU 4x4 tende a ocorrer com uma frequência superior aos demais, representando 57,5% do total de ocorrências, conforme pode ser visto no gráfico da figura 17. Vale ressaltar que apesar da menor ocorrência de PUs maiores, todos tamanhos ainda são relevantes, pois em termos de área de vídeo uma PU 32x32 cobre 64 vezes mais amostras que uma PU 4x4, gerando um ganho significativo em termos de taxa de compressão quando este tamanho é utilizado em áreas bastante homogêneas.

Percebeu-se, também, que o pequeno subconjunto dos modos {0, 1, 10, 26}, tende a ocorrer com uma frequência expressiva em relação aos outros modos. Possivelmente devido à natureza do algoritmo MPM (ver subseção 3.4.1), juntos estes modos representam 43,65% das ocorrências de PUs codificadas, conforme pode ser observado no gráfico da figura 18.

As percentagens para todos tamanhos de PU e modos de predição podem ser observadas nas figuras 17 e 18 respectivamente, porém, resultados mais ricos em detalhes para cada sequência de vídeo e configuração de QP estão disponíveis no apêndice A desta dissertação.

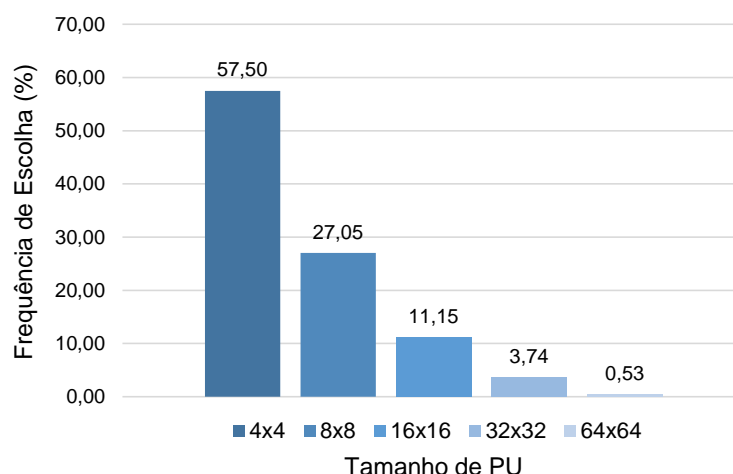


Figura 17 – Distribuição da ocorrência de tamanhos de PU nos experimentos.

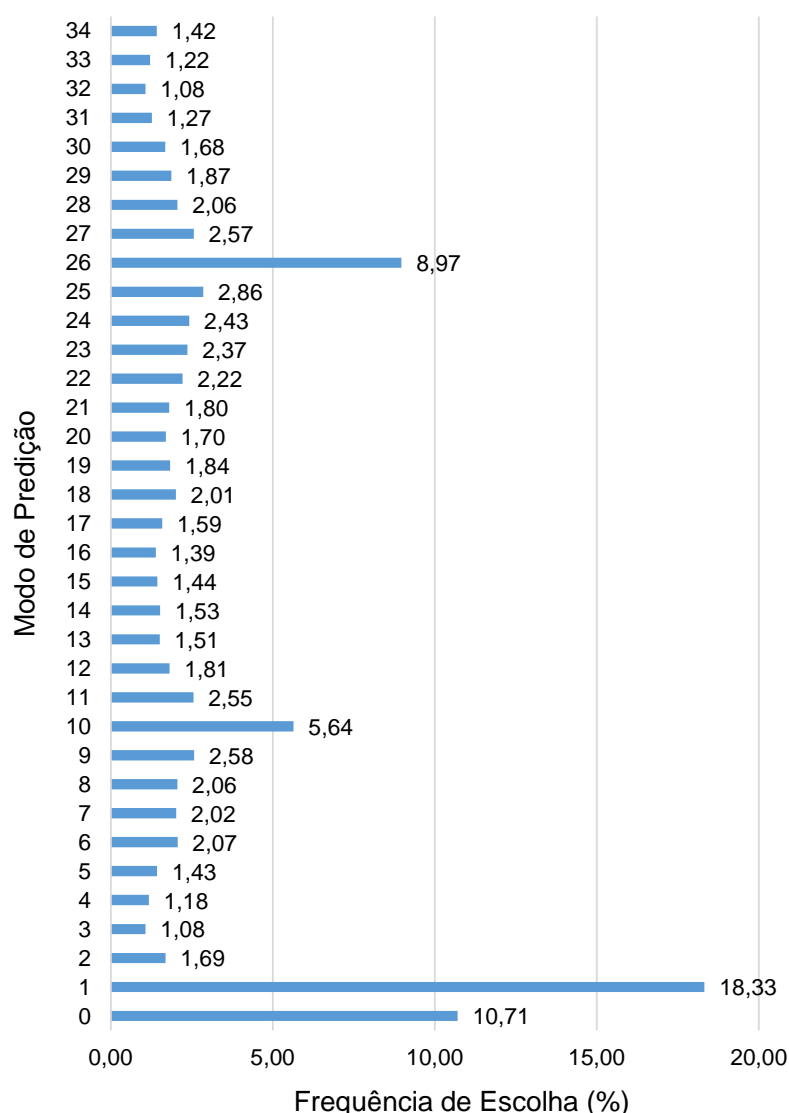


Figura 18 – Distribuição da ocorrência de modos de predição nos experimentos.

### 5.1.2 Exploração do Impacto em Taxa-Distorção: Hipótese 1

Com o objetivo de viabilizar a implementação de um hardware de baixíssimo custo em área e dissipação de potência, testou-se o subconjunto dos modos de predição mais frequentes {0, 1, 10, 26} para tamanho único 4×4. Este modelo bastante reduzido foi aliado a uma decisão de modo simplificada baseada na escolha de um único melhor candidato utilizando a métrica SAD. Devido a simplicidade destes modos e do tamanho único de PU, é possível a construção de um hardware que mesmo com poucos recursos operativos, seja capaz de atingir elevadas taxas de processamento.

No entanto, como ponto negativo os experimentos indicam um elevado aumento médio de 46,63% no BD-rate na relação taxa-distorção, como pode ser verificado na tabela 6.

Tabela 6 – Impacto em taxa-distorção referente ao uso dos modos {0, 1, 10, 26}, tamanho de PU 4×4 e decisão de modo baseada no melhor SAD.

Classe	Y	U	V	MÉDIO
A	57,10%	51,50%	54,40%	54,33%
B	56,80%	46,20%	48,20%	50,40%
C	35,60%	29,90%	30,70%	32,07%
D	25,30%	20,80%	20,90%	22,33%
E	88,60%	79,60%	82,00%	83,40%
F	50,30%	42,50%	43,40%	45,40%
GERAL	51,00%	43,70%	45,20%	<b>46,63%</b>

### 5.1.3 Exploração do Impacto em Taxa-Distorção: Hipótese 2

Com o objetivo de viabilizar a implementação de um hardware também de baixo custo em área e baixa dissipação de potência, mas também com objetivo de aumentar a qualidade de compressão em relação ao modelo anterior, testou-se o conjunto de todos os 35 modos de predição para o tamanho único 4×4. Embora seja necessária uma quantidade maior de recursos de hardware para o processamento de todos os modos de predição, o tamanho único de bloco ainda reduz expressivamente a quantidade de computação necessária, além de permitir um controle simplificado. Em termos de impacto em taxa-distorção, os experimentos indicam uma melhora considerável em relação ao modelo anterior, havendo neste caso um aumento médio de 33,67% no BD-rate. Este impacto pode ser justificado pelo *overhead* da sinalização de PUs unicamente de tamanho 4×4 dentro de uma CTU, sendo o impacto maior na taxa de bits do que na qualidade visual.

Tabela 7 – Impacto em taxa-distorção referente ao uso de todos modos, tamanho de PU 4×4 e decisão de modo baseada no melhor SAD.

Classe	Y	U	V	MÉDIO
A	46,90%	45,50%	48,40%	46,93%
B	43,60%	37,60%	39,10%	40,10%
C	18,60%	16,50%	17,10%	17,40%
D	13,50%	12,40%	12,70%	12,87%
E	63,20%	58,90%	61,20%	61,10%
F	31,30%	27,10%	27,80%	28,73%
GERAL	35,40%	32,10%	33,50%	<b>33,67%</b>

### 5.1.4 Exploração do Impacto em Taxa-Distorção: Hipótese 3

Por fim, com o objetivo principal de se atingir um baixíssimo impacto em taxa-distorção, considerou-se o conjunto completo de modos de predição e de tamanhos de PU. Para um modelo que foca em qualidade, a decisão baseada no único melhor SAD não seria coerente, enquanto, por outro lado, o algoritmo RMD não seria interessante do ponto de vista arquitetural, por exigir módulos de transformadas e multiplicadores de ponto flutuante. Por isso, foi desenvolvida e testada uma alternativa baseada no RMD que substitui o SATD pelo SAD, que desconsidera a informação de taxa de bits, e que entrega sempre os oito melhores candidatos independentemente do tamanho do bloco em questão e dos MPMs, sendo que o RMD pode entregar oito ou três candidatos, dependendo do tamanho de PU em questão. Para este algoritmo, experimentos indicam um aumento médio de apenas 0,17% BD-rate, como pode ser verificado na tabela 8.

Tabela 8 – Impacto em taxa-distorção referente ao uso de todos modos, todos tamanhos de PU e decisão de modo baseada nos oito melhores SADs.

Classe	Y	U	V	MÉDIO
A	0,40%	0,10%	0,10%	0,20%
B	0,40%	0,10%	0,10%	0,20%
C	0,40%	0,20%	0,20%	0,27%
D	0,40%	0,20%	0,20%	0,27%
E	0,60%	0,20%	0,30%	0,37%
F	-0,20%	-0,10%	-0,10%	-0,13%
GERAL	0,30%	0,10%	0,10%	<b>0,17%</b>

### 5.1.5 Considerações

As tabelas 6, 7 e 8 mostram o impacto em taxa-distorção de cada hipótese estudada para cada classe de vídeos das CTCs. Para as soluções que consideram apenas o tamanho de PU 4x4, nota-se um impacto mais baixo nos vídeos de classe C e D, que são respectivamente os de resoluções baixas, como 832x480 e 416x240 pixels. Para estas mesmas configurações, nota-se um impacto mais expressivo nos vídeos de classe E, que apesar de não serem os de resolução mais alta, são sequências que possuem grandes áreas homogêneas que favorecem o uso de PUs maiores. Já para a configuração mais completa, vale mencionar que para vídeos de classe F, que são aqueles com resoluções variadas e conteúdo gerado digitalmente,

a alteração na etapa de decisão para oito SADs impactou positivamente na relação taxa-distorção.

Os resultados da bateria de experimentos relacionados à taxa-distorção podem ser verificados com riqueza em detalhes no apêndice B desta dissertação.

As seções seguintes apresentam arquiteturas para predição intraquadro baseadas nos três modelos explorados.

## 5.2 Arquitetura Intraquadro Minimalista para PUs 4x4 e Modos {0, 1, 10, 26}

Esta solução trabalha em nível de PBs 4x4 e é dividida em dois módulos que efetuam tarefas distintas em macroestágios de *pipeline*: Um módulo de predição, responsável pela etapa de predição de amostras e pelo pós-processamento das mesmas; e um módulo de decisão, responsável pelo modo de decisão interno baseado no melhor valor de SAD.

Um diagrama de blocos de alto nível desta solução está ilustrado na figura 19. Como pode ser visto no módulo de predição da figura, *buffers* responsáveis pelo armazenamento de amostras originais e de referência são preenchidos a partir de uma entrada externa, preditores especializados processam amostras de referência e armazenam seus resultados em um *buffer* de amostras preditas, e filtros de pós-processamento filtram parte das amostras preditas e sobrescrevem seus respectivos valores no mesmo *buffer*. É importante salientar que esta arquitetura dispensa filtros de pré-processamento, porque PBs 4x4 não passam por esta filtragem. Por fim, como pode ser visto no módulo de decisão, uma árvore de SAD calcula a diferença entre o bloco original e os blocos preditos, um comparador de SADs determina o melhor bloco candidato, e assim as amostras do melhor candidato são enviadas para a saída juntamente ao identificador do modo.

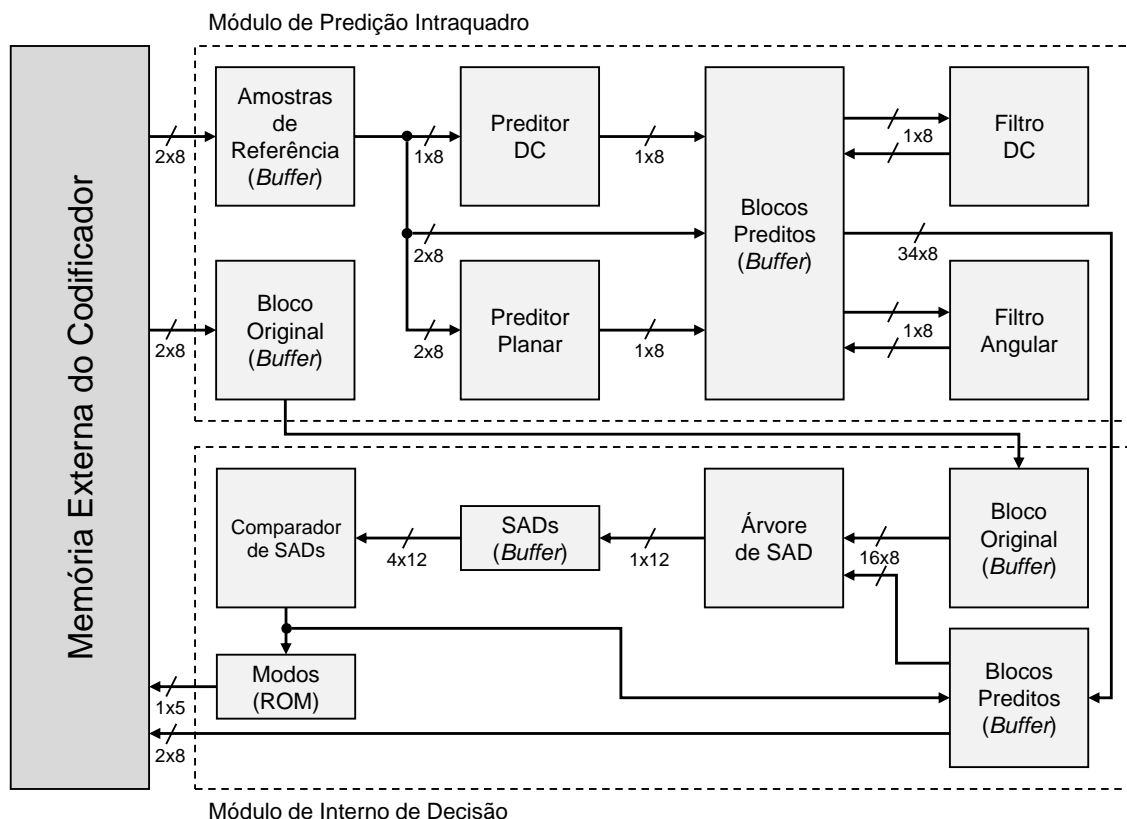


Figura 19 – Diagrama de blocos da solução arquitetural (5.2).

### 5.2.1 Módulo de Predição Intraquadro

Este módulo é composto por três *buffers* distintos: (i) um *buffer* de amostras de referências, responsável por armazenar as 11 amostras de 8 bits necessárias para predição do subconjunto bastante reduzido de modos {0, 1, 10, 26} do padrão HEVC, (ii) um *buffer* de amostras originais, responsável por armazenar as 16 amostras de oito bits que compõem um bloco 4x4 original, e (iii) um *buffer* responsável por armazenar amostras geradas pelas quatro predições. Este último é capaz de armazenar 16 amostras geradas pelo preditor planar, oito amostras geradas pelo preditor DC (sete filtradas e uma *dc\_val*), e sete amostras para cada preditor angular (quatro filtradas e três não).

Nesta solução, o preditor planar é um circuito combinacional capaz de processar uma das 16 amostras preditas por ciclo, com base nas amostras de referência enviadas pelo *buffer* e pelas coordenadas x e y enviadas pelo controle, como pode ser observado na figura 20. Já o preditor DC é um pequeno circuito baseado em um registrador acumulador que processa uma amostra de referência por ciclo, ilustrado pela figura 21.

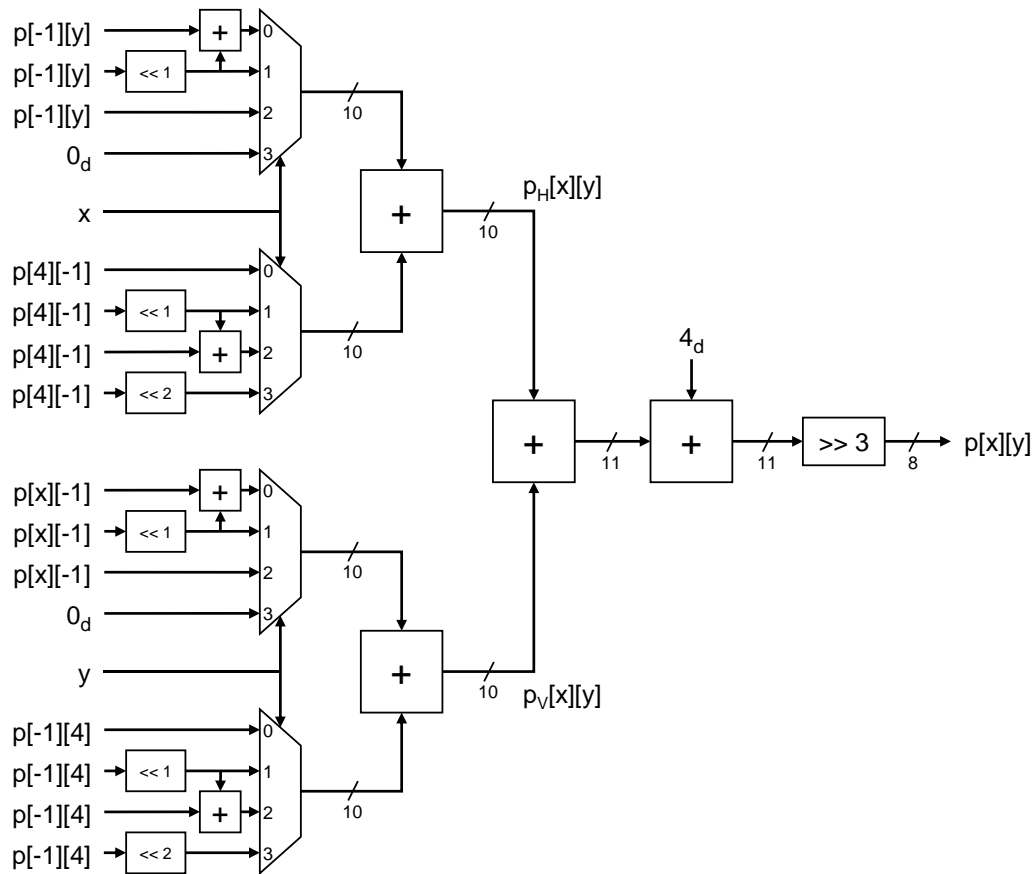


Figura 20 – Preditor planar serial para tamanho 4x4.

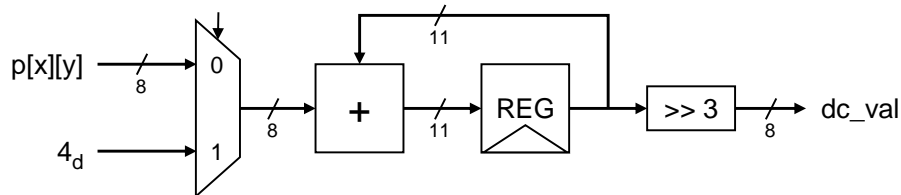


Figura 21 – Preditor DC serial para tamanho 4x4.

Uma vez armazenadas, as amostras dos modos {0, 10, 26}, que compõem as bordas dos blocos preditos, passam pelos filtros DC e angular e as amostras resultantes são sobrescritas no *buffer*. Os filtros de pós-processamento são implementações diretas das equações apresentadas na seção 3.3.

O filtro angular é um circuito combinacional e necessita uma operação de *clip* para que o resultado seja mantido dentro da faixa de oito bits, ilustrado pela figura 22. O filtro DC, ilustrado pela figura 23, também é um circuito combinacional, e suas entradas *ref\_a* e *ref\_b* dependem da amostra que está sendo filtrada: Se  $p[x][y]$  for  $p[0][0]$ , então *ref\_a* será  $p[-1][0]$  e *ref\_b* será  $p[0][-1]$ ; senão, *ref\_a* será *dc\_val* e *ref\_b* será a amostra original adjacente.



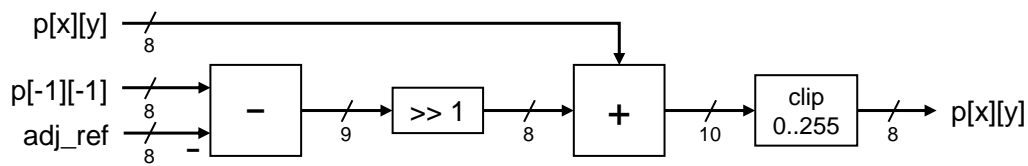


Figura 22 – Filtro de pós-processamento angular para uma amostra.

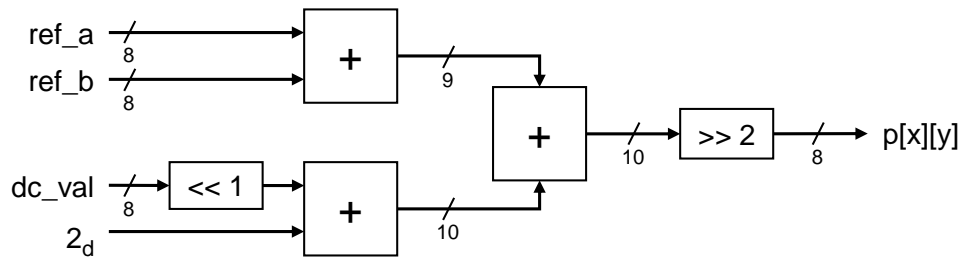


Figura 23 – Filtro de pós-processamento DC para uma amostra.

### 5.2.2 Módulo Interno de Decisão de Modo

Conforme pode ser visto na figura 19, o módulo de decisão replica os *buffers* para blocos preditos e bloco original para poder trabalhar em um estágio independente do módulo de predição.

A primeira etapa deste módulo é o cálculo do valor de SAD dos quatro candidatos através de uma árvore de SAD. Esta árvore é um circuito que funciona em um estágio de *pipeline* por ser baseado em um registrador acumulador, sendo capaz de computar metade da diferença entre blocos por ciclo, conforme pode ser observado na figura 24.

A segunda etapa é a comparação dos quatro valores de SAD através de um circuito comparador. Este circuito combinacional é capaz de entregar o único menor valor de SAD e seu respectivo modo, comparando quatro entradas em paralelo através da subtração dos valores de SAD e da multiplexação dos valores utilizando o bit de sinal resultante da subtração, como sinal de seleção, conforme ilustrado na figura 25.

Por fim, a terceira e última etapa é a escrita das amostras preditas e melhor modo na memória principal, duas informações por ciclo.

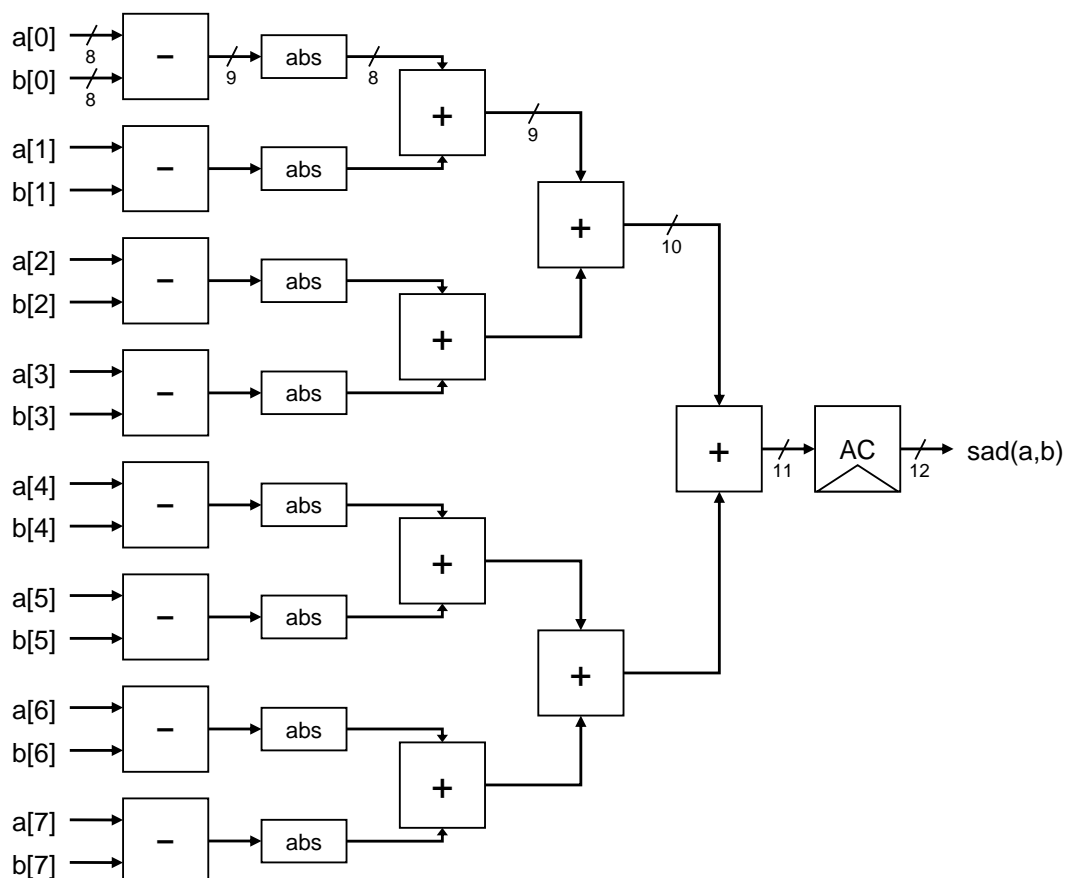


Figura 24 – Árvore de SAD para oito amostras de entrada.

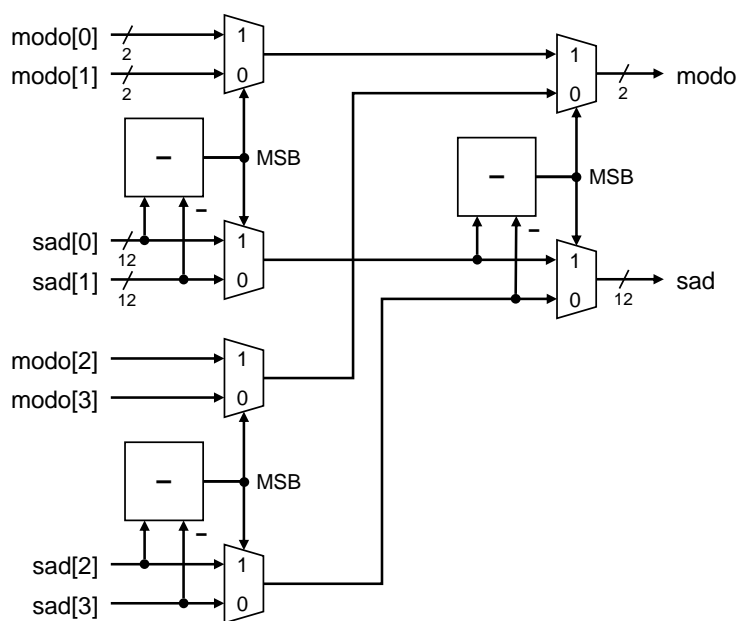


Figura 25 – Comparador de SAD para quatro valores de entrada.



### 5.3 Arquitetura Intra HEVC para PUs 4x4 e Todos Modos de Predição

Esta solução não se diferencia da anterior apenas por adicionar suporte a todos os 35 modos de predição intraquadro do padrão HEVC, mas também por aumentar o nível de paralelismo para que uma PU 4x4 possa ser processada com desempenho suficiente para processar vídeos UHD 4K em tempo real.

Uma visão geral desta solução é apresentada na figura 27. Nela pode ser notado um aumento no paralelismo em relação à solução anterior. Nesta solução, foram implementados 33 preditores angulares especializados, além dos preditores planar e DC. Estes 35 preditores recebem informações do *buffer* de referências e internamente possuem 16 caminhos de dados independentes, um para cada amostra predita. Pode ser observada também a replicação dos filtros de pós-processamento, a implementação de uma árvore de SAD exclusiva para cada preditor e um comparador de SADs maior.

Em alto nível, o fluxo de codificação se dá a partir da leitura paralela de 17 amostras de referência para o respectivo *buffer*, seguido da transferência das amostras adequadas para cada um dos 35 preditores, que de maneira paralela em nível de modo e também em nível de amostras, irão gerar os blocos preditos. PBs que necessitam de pós-processamento nas bordas passam por um filtro e, na sequência, todas as PBs são comparadas com o bloco original com o uso de árvores de SADs. Por fim, os 35 valores de SAD resultantes passam por uma longa cadeia de comparação que resulta no único melhor SAD, modo e bloco candidato.

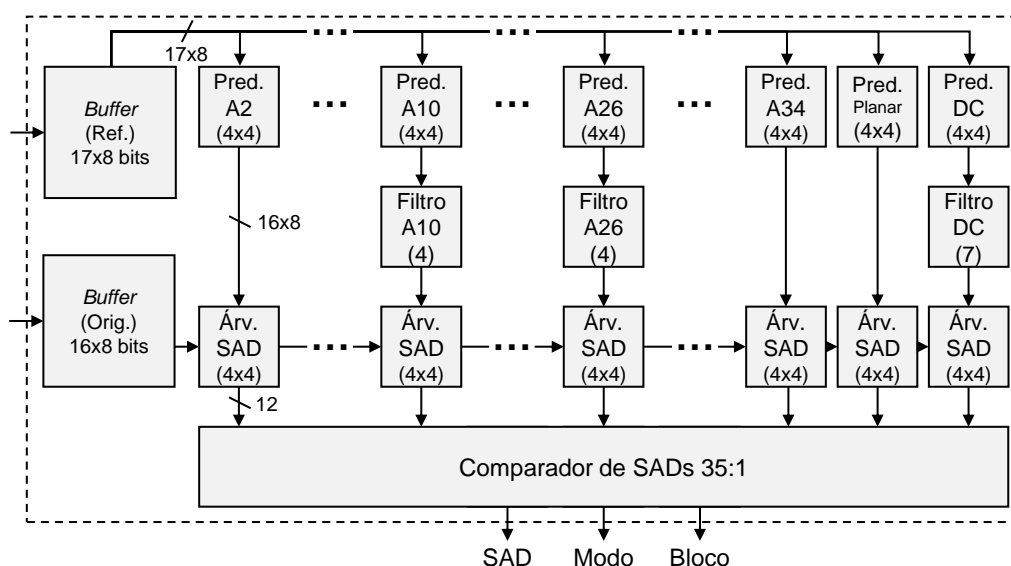


Figura 27 – Diagrama de blocos da solução intra para PUs 4x4 e todos modos de predição (5.3).

### 5.3.1 Módulo de Predição com Nível de Paralelismo de 4x4 Amostras

Para obtenção de uma maior taxa de processamento, foram utilizadas 35 unidades de predição especializadas em cada um dos modos definidos no padrão. Cada unidade de predição é capaz de processar 16 amostras em paralelo, ou seja, uma PB de tamanho 4x4.

O preditor DC serial da solução anterior (Figura 21) foi substituído por um preditor DC totalmente paralelo e combinacional que recebe nas suas entradas as oito amostras de referência necessárias de uma só vez, conforme está ilustrado na figura 28. Imediatamente na saída deste preditor são utilizados sete filtros de pós-processamento DC idênticos aos da solução anterior (Figura 23), um para cada amostra predita localizada em borda esquerda ou superior.

O preditor planar serial da solução anterior (Figura 20) foi substituído também por um preditor planar paralelo e combinacional. A figura 29 ilustra a parte deste preditor responsável por calcular as amostras intermediárias  $p_h[0..3][0..3]$ . O preditor completo possui ainda uma estrutura similar ao ilustrado para o cálculo das amostras  $p_v[0..3][0..3]$ , e mais 16 somadores responsáveis pelo cálculo da média simples entre os dois blocos de valores intermediários.

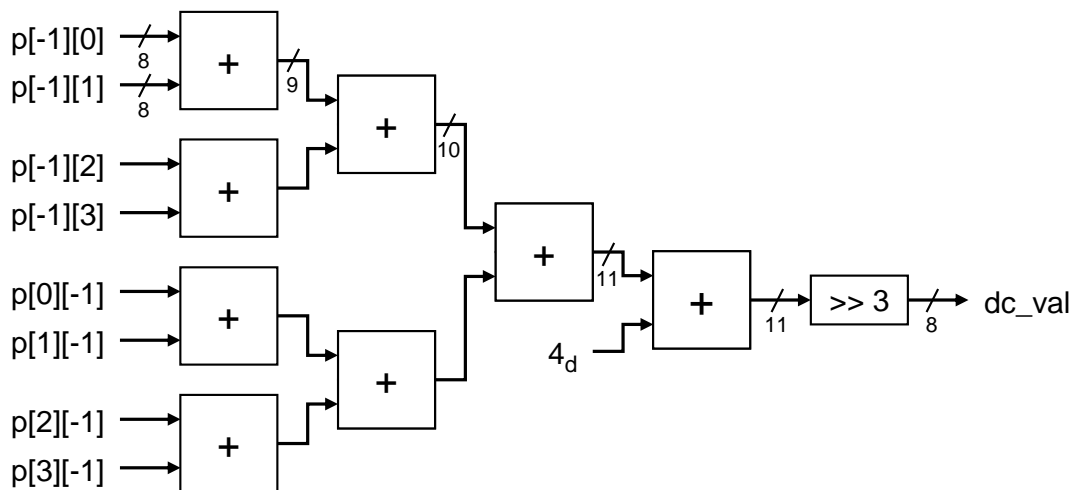


Figura 28 – Preditor DC paralelo para tamanho 4x4.

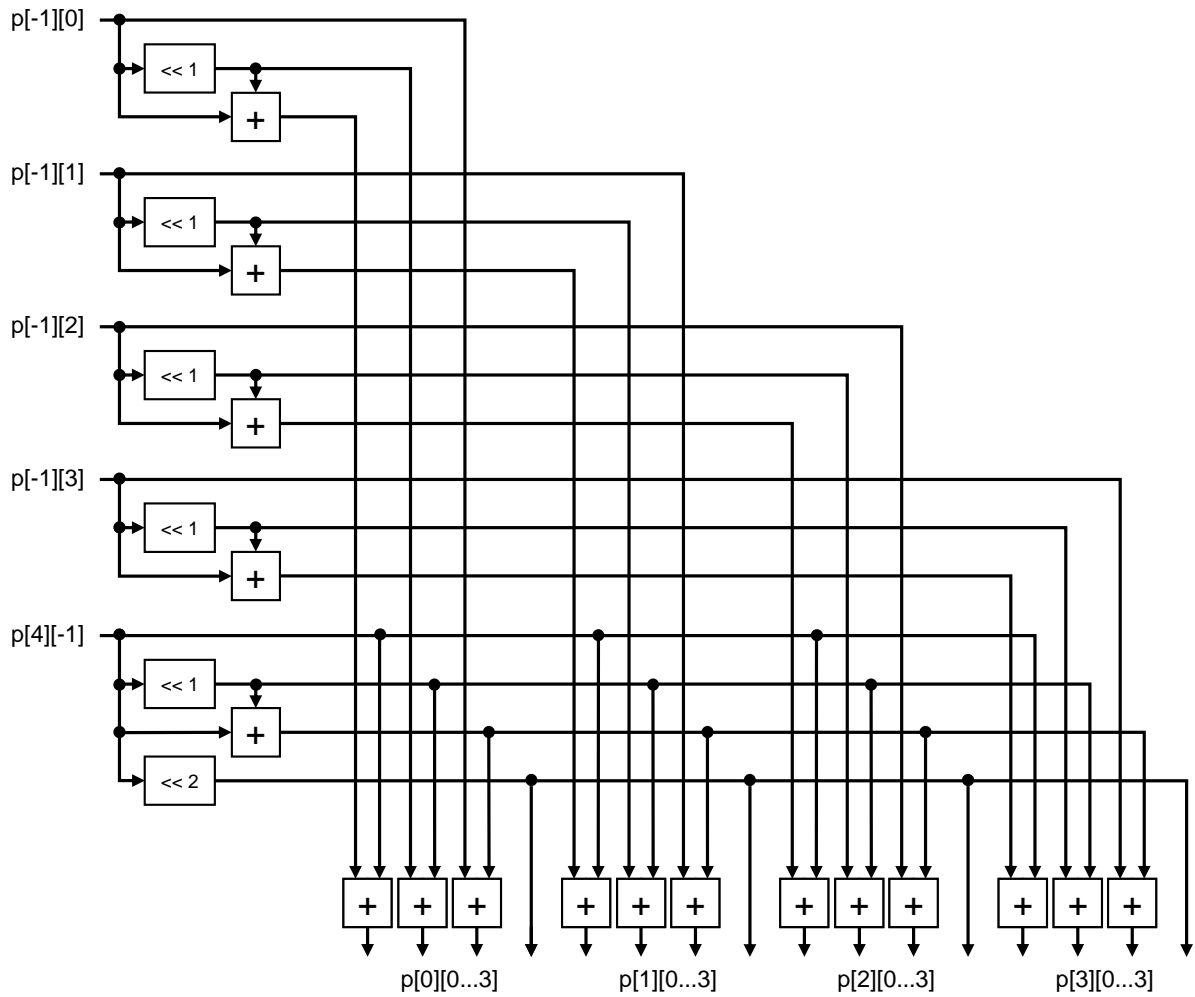


Figura 29 – Etapa de predição  $p_h$  do preditor planar paralelo para tamanho  $4 \times 4$ .

Para esta solução foram desenvolvidos 33 preditores angulares especializados no processamento paralelo de cada modo angular em um estágio de *pipeline*. A forma geral de predição de amostras nos modos angulares dada pelas equações (12-13) (ver subseção 3.2.1) envolve a soma de uma referência que pode receber um peso de 1 a 32 com outra que pode receber um peso de 0 a 31. Para as implementações foram utilizados os valores de  $i$  e  $f$  pré-calculados (ver apêndice C) para respectivamente controlar o acesso ao *array* de referências e atribuir pesos às referências. Sendo assim, cada preditor é composto por 16 caminhos de dados (um para cada amostra do bloco predito), sendo cada caminho composto por, no pior caso, quatro somadores para efetuar somas e deslocamentos nas duas amostras de referência, além de dois somadores finais para somar as duas amostras com os devidos pesos já aplicados e aplicar o arredondamento. É importante salientar que o subconjunto de modos  $\{2, 10, 18, 26, 34\}$  é exceção em termos de implementação,

porque o valor de  $f$  é zero para todas as amostras destes modos e, por isso, somadores não são necessários. Além disso, os preditores angulares 10 e 26 possuem em suas saídas quatro filtros de pós-processamento cada, os quais são idênticos aos da solução anterior (Figura 22).

A figura 30 mostra a estrutura de um preditor angular 9. No canto superior esquerdo, tem-se  $\{x=0, i=0, f=2\}$ ; no canto superior direito, tem-se  $\{x=1, i=0, f=4\}$ ; no canto inferior esquerdo, tem-se  $\{x=2, i=0, f=6\}$ ; e no canto inferior direito, tem-se  $\{x=3, i=0, f=8\}$ . Na figura, os blocos que precedem os somadores são somas e deslocamentos utilizados para obtenção dos coeficientes. Os demais preditores angulares possuem uma estrutura similar, porém com coeficientes diferentes.

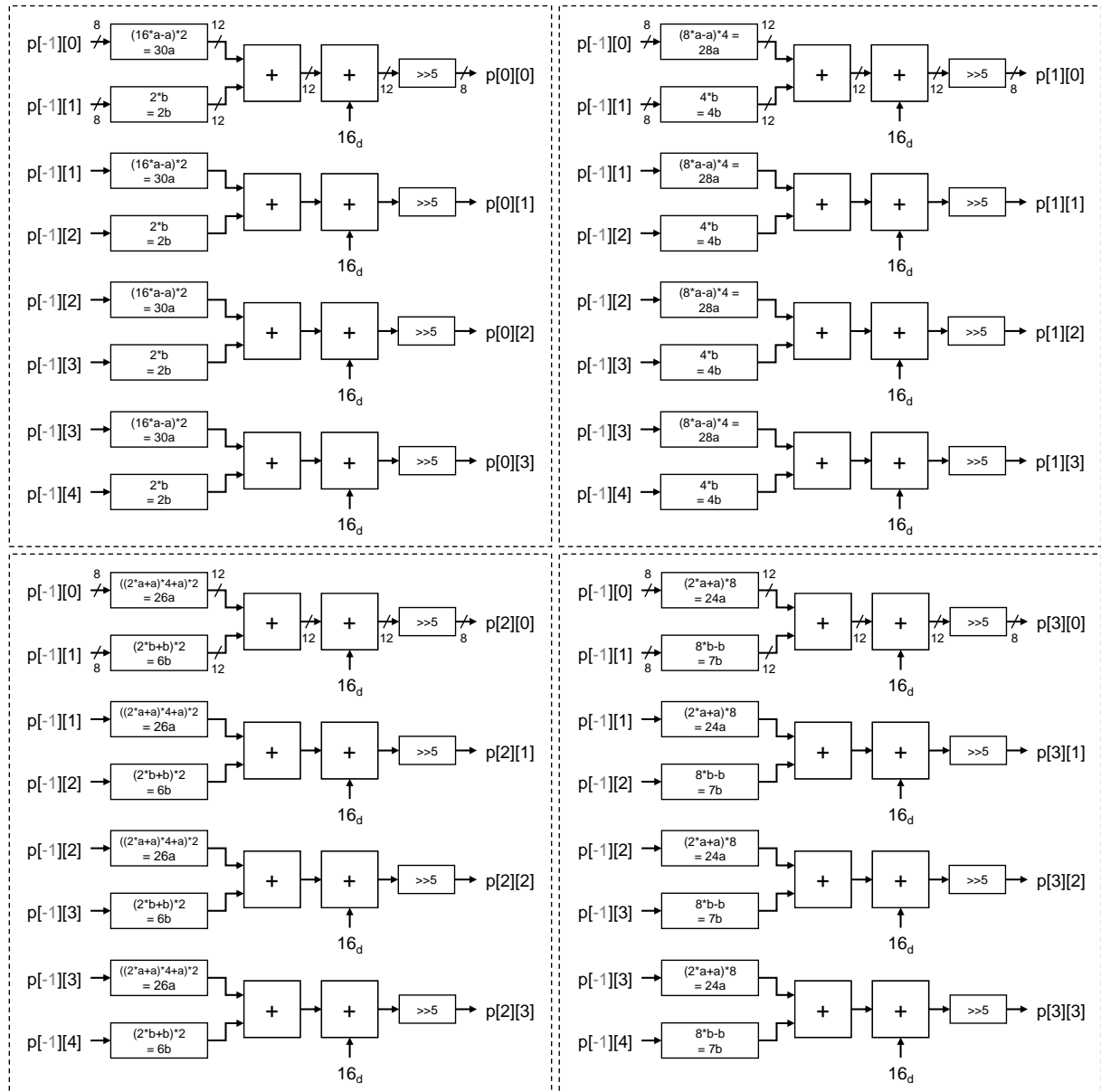


Figura 30 – Preditor angular 9 para tamanho 4x4.

### 5.3.2 Módulo Interno Paralelo de Decisão de Modo

Assim como a solução anterior, esta solução também tem um modo de decisão interno baseado no candidato com o menor valor de SAD. No entanto, tendo em vista o foco em uma maior taxa de processamento e o aumento do número de candidatos para 35, empregou-se uma árvore de SAD exclusiva para cada preditor. Além disso, foi aumentado o nível de paralelismo da árvore de SAD de forma que as 16 amostras preditas e 16 amostras originais são consumidas em um ciclo. Cada árvore de SAD possui 16 subtratores, 15 somadores e uma barreira de *pipeline* na entrada do bloco predito com 16 registradores de oito bits.

O circuito comparador de SADs empregado também teve o paralelismo aumentado para permitir que os 35 valores de SAD sejam consumidos em um único ciclo. Este circuito possui 35 subtratores e uma barreira de *pipeline* nas entradas de SADs.

### 5.3.3 Temporização

A figura 31 ilustra o preenchimento do *pipeline* de três estágios desta solução. Considerando as etapas de preenchimento dos *buffers* de amostras de referência e amostras originais, predição de amostras, cálculo de diferenças e comparação de candidatos; a arquitetura é capaz de processar uma PB de tamanho 4×4 por ciclo após uma latência inicial de três ciclos.

Para processar 30 quadros HD 1080p são necessários 5.832.000 ciclos de *clock*. Assim, para atingir tempo real nesta resolução e nesta taxa de amostragem de quadros, é necessária uma frequência de operação de 6 MHz. Já para processar 30 quadros UHD 4K, são necessários 23.328.000 ciclos. Assim, para atingir tempo real nestas condições, é necessária uma frequência de operação de 24 MHz.



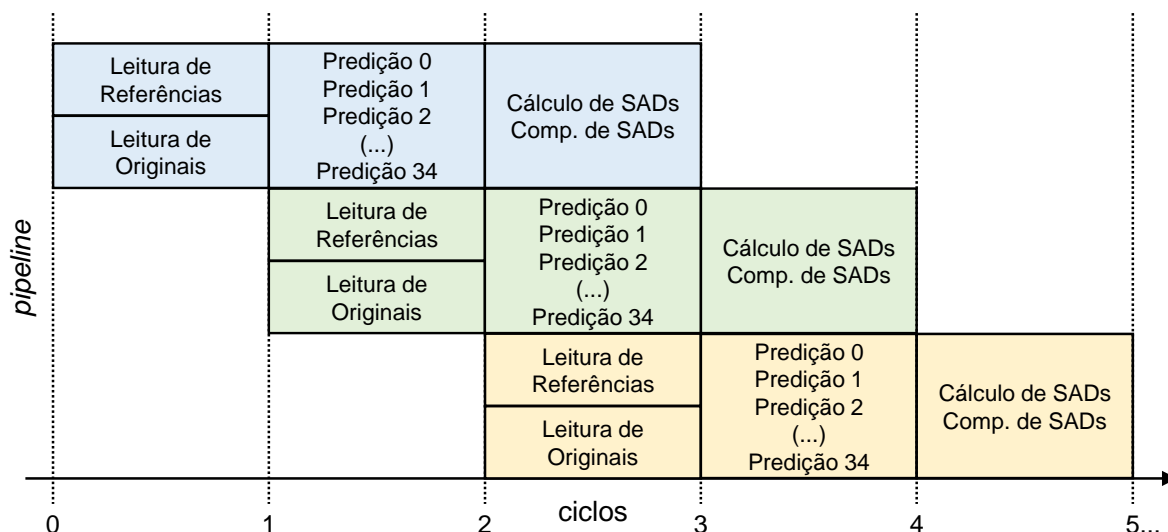


Figura 31 – Temporização em ciclos da solução (5.3).

#### 5.4 Arquitetura Intra HEVC para Todos Tamanhos de PU e Todos Modos de Predição

Ambas as soluções anteriores, apesar de serem perfeitamente aplicáveis, impõem muitas restrições no módulo de predição intraquadro de forma que geram uma considerável perda na eficiência de codificação, como pode ser notado pelo acréscimo na relação taxa-distorção apresentadas nas subseções 5.1.2 e 5.1.3 (também apêndice B). A solução apresentada nesta seção foca no outro extremo: priorizar a qualidade final de codificação acima do baixo uso de recursos de hardware. Para que se alcance este objetivo, esta solução implementa o suporte a todos tamanhos de PU previstos pelo padrão, todos modos de predição e um modo de decisão com eficácia comparável ao utilizado pelo software de referência, conforme descrito na subseção 5.1.4. Aliado a isso, essa solução também implementa um paralelismo em nível de amostras muito elevado para que seja possível garantir o processamento de vídeos com as maiores resoluções e taxas de amostragem.

A estrutura geral desta arquitetura está ilustrada na figura 32. Nela pode ser observado que esta solução requer filtros de pré-processamento que não eram necessários em soluções que trabalhavam apenas com tamanho de bloco 4x4. Pode ser observado também que os *buffers* são expressivamente maiores, que as unidades de predição são projetadas para PUs de tamanho 32x32, e que a etapa de decisão requer um circuito maior para a comparação de candidatos.

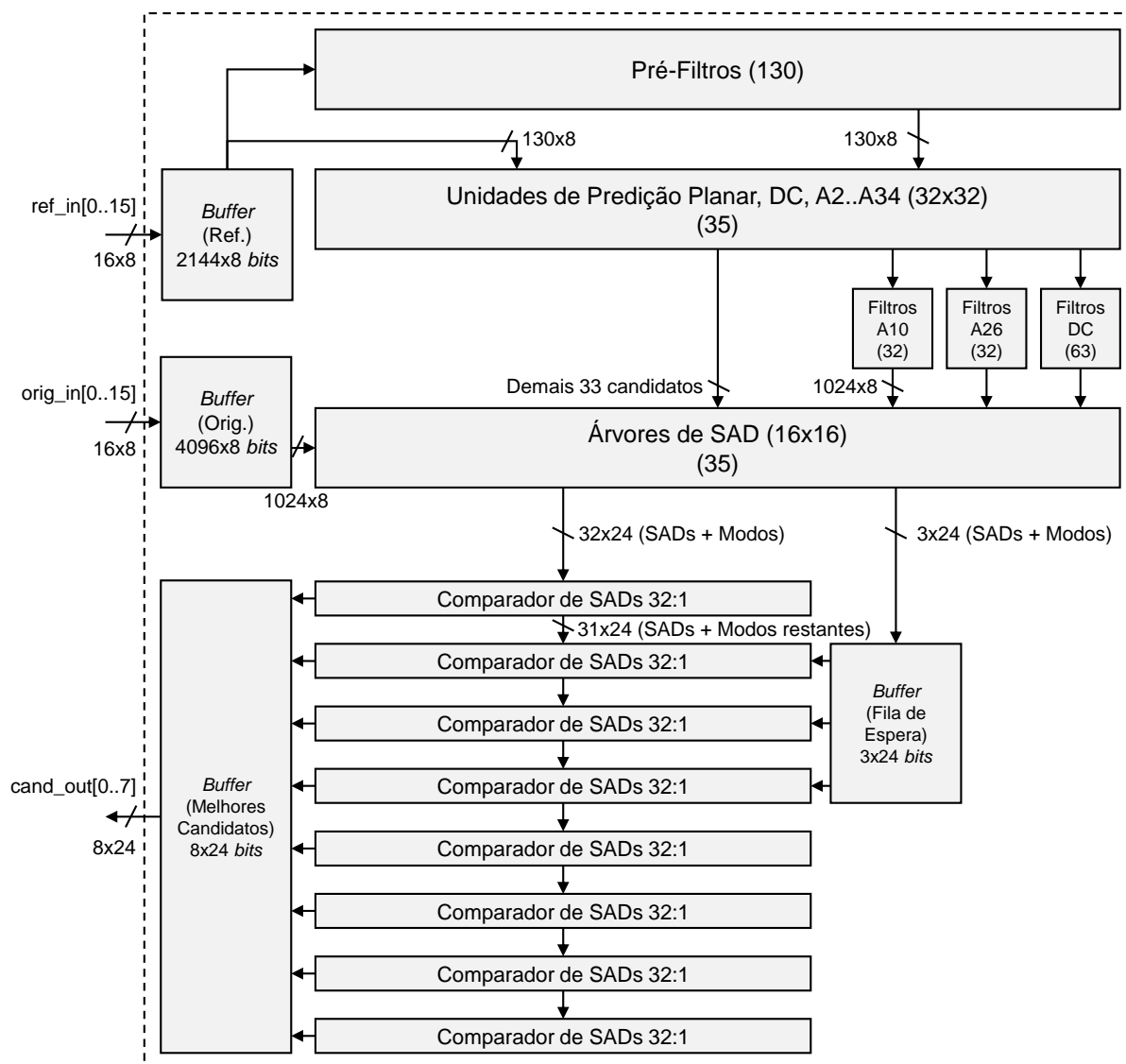


Figura 32 – Diagrama de blocos da solução arquitetural intra para todos tamanhos de PU e todos modos de predição (5.4).

O caminho de dados desta solução parte de uma CTB, de forma que o *buffer* de amostras de referências deve ser preenchido com todas amostras necessárias para a predição de todas combinações de PBs que se pode ter dentro de uma CTB. Para processar todas combinações, cada PB é tratada individualmente, passando por todos os módulos até que se tenha os oito melhores candidatos para a PB em questão.

Em alto nível, cada PB (independente de tamanho) que compõe uma CTB  $64 \times 64$  requer a execução dos seguintes passos: (a) aplicação de filtros de pré-processamento em amostras referência através de até 130 filtros, dependendo do tamanho da PB; (b) predição totalmente paralela em nível de amostras por meio de preditores que possuem 1024 caminhos de dados cada; (c) aplicação de filtros de

pós-processamento quando necessário; (d) cálculo dos valores de SAD em árvores que possuem 512 caminhos de dados cada; e (e) seleção dos oito melhores SADs para a PB atual por meio de oito comparadores 32:1.

As subseções seguintes apresentam as diferenças desta solução em relação à anterior.

#### **5.4.1 Tratamento de Amostras de Referência e Originais**

Como foi mencionado, esta solução trabalha em nível de CTB e, para isso, é utilizado um *buffer* de amostras de referência para guardar todas amostras necessárias para a predição de todas as PBs.

A figura 33 ilustra uma CTB 64×64 (contorno preto) e todas amostras de referência necessárias para a predição intraquadro (quadrados coloridos). Nela, pode ser visto que o *buffer* deve ser capaz de armazenar um total de 2144 amostras de referência (oito bits cada).

Nesta mesma figura, as cores indicam quais tamanhos de PB necessitam quais amostras. Mais precisamente, PBs 4×4 necessitam apenas das amostras (quadrados) azuis, PBs 8×8 necessitam das amostras verdes mais aproximadamente metade das amostras utilizadas pelo tamanho 4×4, PBs 16×16 necessitam das amostras amarelas mais aproximadamente metade das amostras utilizadas pelo tamanho 8×8 e, por fim, PBs 32×32 necessitam das amostras vermelhas mais aproximadamente metade das amostras utilizadas pelo tamanho 16×16.

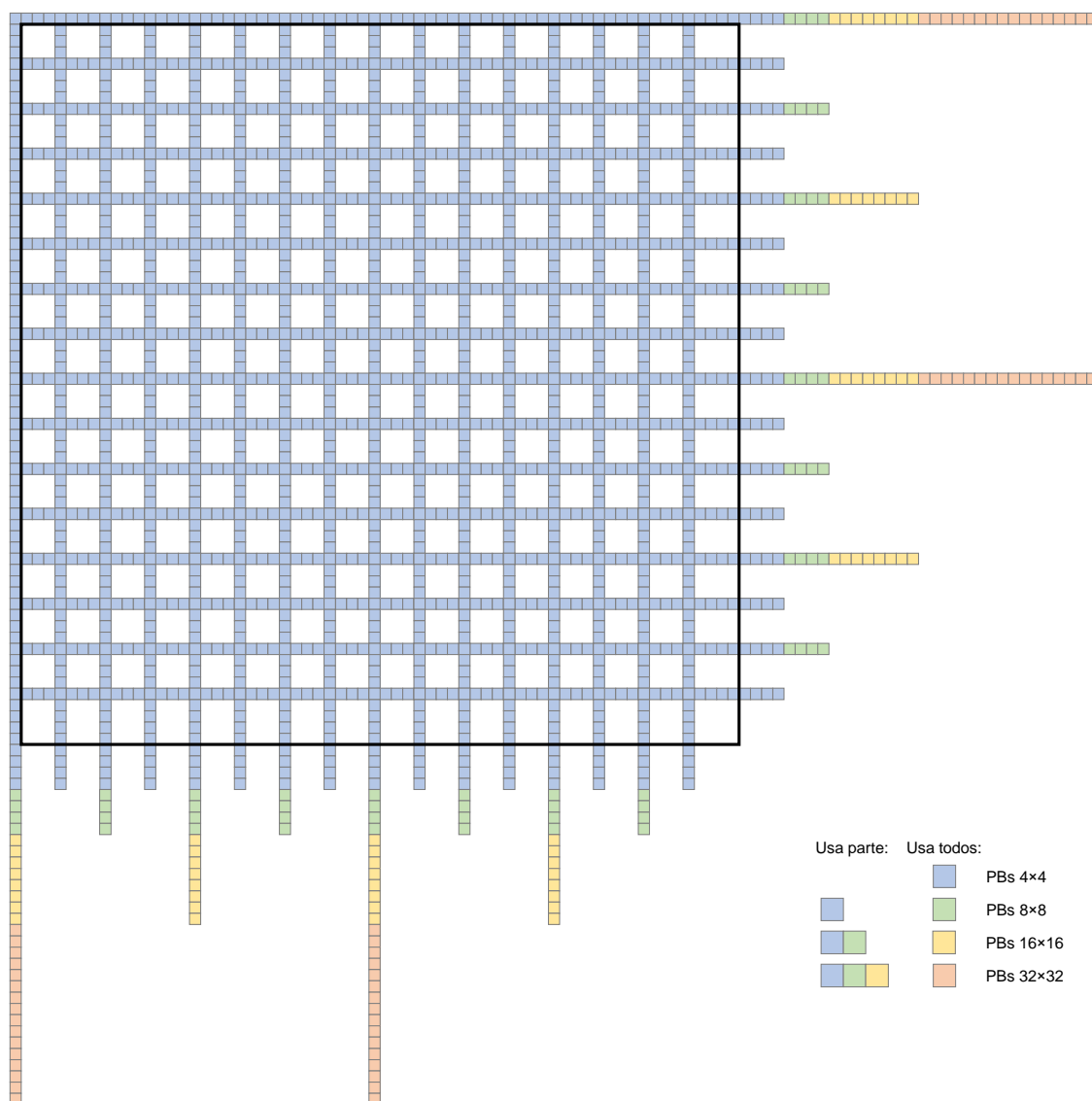


Figura 33 – Amostras de referência necessárias para a predição intraquadro de uma CTB de tamanho 64x64.

A leitura de amostras de referência é realizada a uma taxa de 16 amostras por ciclo, sendo oito amostras horizontais e oito verticais lidas em ordem que permite que a predição de PBs 4x4 ocorra durante o preenchimento do *buffer*. Da forma que foi implementado, este *buffer* requer 154 ciclos para seu total preenchimento.

A saída deste *buffer* é um *array* de 65 amostras horizontais e um *array* de 65 amostras verticais. Como alguns preditores necessitam de amostras pré-filtradas, um total de 130 circuitos similares ao da figura 23 são utilizados para permitir que os preditores tenham acesso aos *arrays* originais ou filtrados, conforme necessidade. Vale salientar que os candidatos que passam por pós-filtragem são os únicos que em hipótese alguma passam pela pré-filtragem.

O *buffer* de amostras originais é responsável por armazenar até 4096 amostras referentes a um bloco original 64×64. Este *buffer* é preenchido em uma taxa de 16 amostras por ciclo e tem a ordem do seu preenchimento baseada na ordem de predição. A saída deste *buffer* está organizada de forma que todas árvores de SAD têm acesso direto a 1024 das amostras armazenadas, referente a um bloco 32×32.

#### 5.4.2 Módulo de Predição com Nível de Paralelismo de 32×32 Amostras

Devido ao suporte a todos tamanhos de PU, a quantidade de amostras a serem preditas aumentou drasticamente em relação às soluções anteriores. Por conta disso, optou-se pela implementação de unidades de predição angulares, planar e DC totalmente combinacionais e com elevadíssimo nível de paralelismo, capazes de processar paralelamente as 1024 amostras de uma PB 32×32 em um único ciclo. Assim, a etapa de predição conta com 35 preditores que podem processar todas as amostras de uma PB em um ciclo, independentemente do tamanho da PB em questão.

O projeto das unidades de predição angulares é análogo ao das unidades paralelas 4×4 da solução (5.3) (Figura 30). A diferença entre elas é que a unidade 32×32 possui 1024 caminhos de dados (contra 16) e 32 valores diferentes para  $i$  e  $f$  (contra 4). Por consequência deste aumento de paralelismo na predição, aumentou-se o número total de filtros de pós-processamento angulares de oito para 64.

O projeto da unidade de predição planar causou um impacto maior, pois os coeficientes aplicados nas amostras de referência são diferentes para cada tamanho de PB. Além disso, as amostras de referência especiais  $p[M][-1]$  e  $p[-1][M]$  também dependem do tamanho de PB (ver subseção 3.2.3). Portanto, na prática se tem uma unidade de predição independente para cada tamanho de PB.

Já o simples projeto da unidade de predição DC envolveu apenas o aumento do número de somadores da árvore de oito para 64.

Da forma que foram projetadas as unidades de predição, fica evidente uma subutilização no hardware de predição, tendo em vista que uma CTU possui respectivamente 4, 16, 64 e 256 PUs de tamanhos 32×32, 16×16, 8×8 e 4×4; e que por isso, uma unidade de predição 32×32 teria a totalidade do seu circuito demandado em apenas 4 das 256 predições por CTU. Por exemplo, ao se processar uma PB 4×4, cada unidade de predição angular utiliza apenas uma pequena parcela

do seu hardware, ou seja, 16 dos 1024 caminhos de dados, enquanto os 1008 caminhos restantes ficam ociosos. A mesma lógica se aplica para PBs 8x8 e 16x16.

Para que a subutilização de um hardware grande não seja um problema em termos de potência e energia, foi aplicada uma estratégia de redução de chaveamento nos caminhos de dados subutilizados. A técnica utilizada foi *operand isolation*, que neste trabalho consiste em adicionar aos 35 preditores um sinal de entrada *size* que determina o tamanho da PB que deve ser processada, e adicionar multiplexadores junto a todas entradas referentes às amostras de referência, fazendo com que amostras de referência desnecessárias para um determinado tamanho de PB tenham seus valores fixados em zero. Esta estratégia que alimenta caminhos de dados com valores zero por longos períodos impede o chaveamento de 75% do circuito combinacional durante a predição de PBs 16x16, ~94% para PBs 8x8 e ~98% para PBs 4x4.

#### 5.4.3 Módulo Interno de Decisão de Modo Baseada em Oito SADs

Em relação às soluções anteriores, esta arquitetura implementa um modo de decisão interno de maior esforço computacional baseado em oito valores de SAD para cada PB processada.

Para que a taxa de processamento da etapa de predição possa ser adequadamente aproveitada, optou-se por aumentar o paralelismo das árvores de SAD de forma que as 512 amostras preditas e amostras originais de uma área de 16x16 sejam consumidas em um único ciclo. Cada árvore de SAD faz uso de 256 subtratores e 255 somadores e uma barreira de *pipeline* que captura uma área 16x16. Para PBs menores que 16x16 as árvores de SAD recebem diversas amostras de valor zero, resultantes da implementação do *operand isolation* aplicada nos preditores, e para as quatro PBs de tamanho 32x32, divide-se o bloco em quatro partes, sem inserir atraso considerável no *pipeline*.

Uma grande diferença desta solução para as anteriores é que a decisão interna de modo seleciona os oito melhores valores de SAD em ordem crescente ao invés de apenas um único candidato. Vale salientar que esta estratégia aumenta o número de candidatos selecionados em relação ao RMD utilizado no software, pois o RMD seleciona os oito melhores candidatos apenas para PBs de tamanho 4x4 e 8x8, reduzindo este número para três candidatos para PBs de tamanho 16x16 e 32x32.

Para a implementação da estratégia adotada para comparação de SADs foi necessário o projeto de um comparador de SADs 32:1. Conforme pode ser visto na figura 34, cada comparador destes recebe um *array* com 32 valores de SAD e 32 identificadores dos modos associados; e entrega na saída o melhor par e um *array* com os 31 pares restantes que foram propagados ao longo de toda a árvore de comparação. Cada comparador 32:1 é composto por uma árvore de 31 comparadores individuais que se diferem dos apresentados nas soluções anteriores por permitirem também a propagação dos modos não escolhidos, sendo que a estrutura deste comparador individual pode ser vista na figura 35.

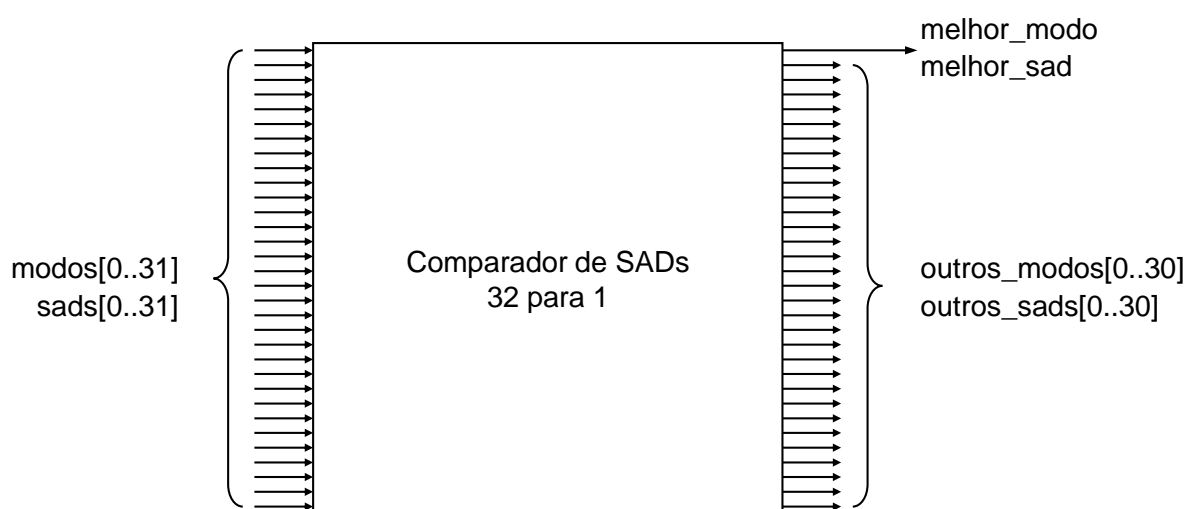


Figura 34 – Comparador de SADs 32:1.

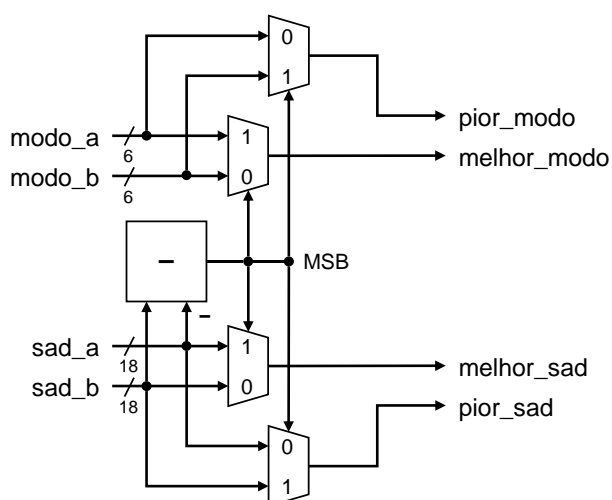


Figura 35 – Estrutura de um comparador individual de SADs.

Como pode ser visto no diagrama completo da figura 32, foram implementados oito comparadores 32:1 em série, de forma que dos 35 candidatos resultantes da etapa de predição, 32 são comparados pelo primeiro comparador e três são propagados ao longo do *pipeline*. Em seguida, são comparados pelo segundo comparador os 31 piores candidatos resultantes da primeira comparação mais um dos três candidatos propagados. O processo se repete seguindo este padrão até que seja obtido o oitavo melhor candidato através do oitavo comparador. Toda a cadeia de comparação possui uma latência de oito ciclos.

#### 5.4.4 Temporização

Da forma que foi implementada, esta solução requer 363 ciclos para efetuar o processamento completo das 256 PBs 4x4, 64 PBs 8x8, 16 PBs 16x16, e 4 PUs 32x32; nesta ordem. Após isso, a máquina de estados se reinicia e uma nova CTB é carregada e processada. Assim, são necessários 8.269.594 ciclos de *clock* para processar 30 quadros HD 1080p; 66.156.750 ciclos para processar 60 quadros UHD 4K e 529.254.000 ciclos para processar 120 quadros UHD 8K. Portanto, para que se atinja tempo real nestas resoluções e nestas taxas de amostragem, são necessárias frequências de operação de 8 MHz, 66 MHz e 529 MHz, respectivamente.

A figura 36 (cima) ilustra o preenchimento do *pipeline* em nível de PB. Todos tamanhos de PB são tratados igualmente, exceto as PBs 32x32, que gastam quatro ciclos no cálculo de SADs. Após o processamento das 340 PBs, uma nova CTB é carregada e a latência é paga novamente pois o *pipeline* é esvaziado.

A figura 36 (baixo) ilustra a temporização em nível de CTB. A partir do primeiro ciclo se inicia o preenchimento do *buffer* de amostras originais para uma área 64x64 e do *buffer* de referências para toda uma CTB conforme necessárias para predições de PBs. O total preenchimento destes *buffers* leva respectivamente 256 e 154 ciclos. Após o primeiro ciclo de leitura, PBs de tamanho 4x4 podem começar a ser processadas em paralelo ao processo de leitura. As etapas de predição até a escolha dos melhores candidatos para, nesta ordem, 256 PBs 4x4, 64 PBs 8x8, 16 PBs 16x16 e 4 PBs 32x32, leva um total de 353 ciclos. No entanto, devido a uma latência de dez ciclos que são pagos para cada CTB processada, o procedimento completo requer 363 ciclos por CTB.



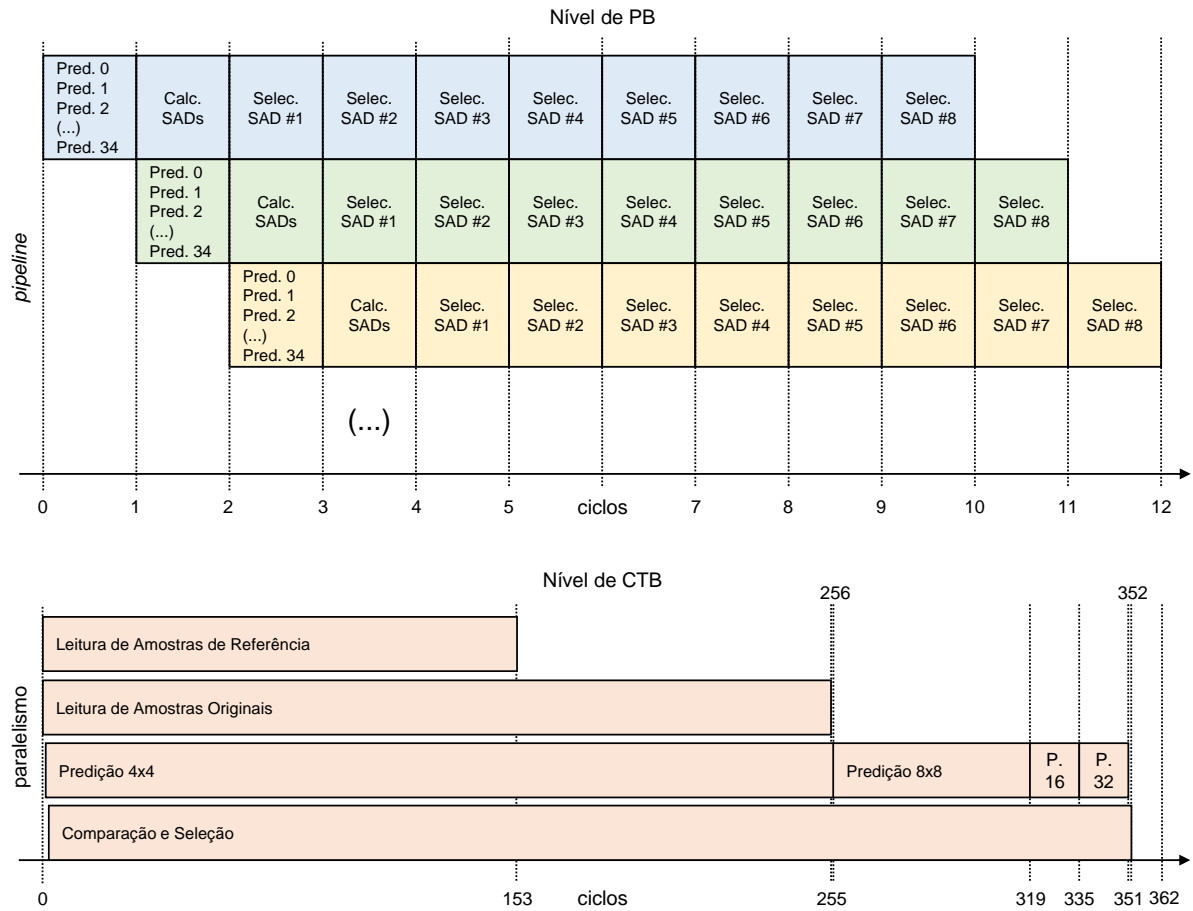


Figura 36 – Temporização em ciclos da solução (5.4).

## 6 RESULTADOS DE SÍNTESE E COMPARAÇÕES

*“A good algorithm is like a sharp knife—it does exactly what it is supposed to do with a minimum amount of applied effort”*

Thomas Cormen

O capítulo anterior apresentou três diferentes soluções arquiteturais para o módulo de predição intraquadro do padrão HEVC. Como uma única solução dificilmente será a melhor opção para todos cenários possíveis, os objetivos de cada solução são uma atribuição de pesos ao custo em área, nível de paralelismo e qualidade final de compressão. Este capítulo apresenta a metodologia de projeto e uma exploração em cima de resultados de síntese para diferentes frequências alvo, e por fim, compara os trabalhos apresentados com os trabalhos da literatura discutidos no capítulo 4.

### 6.1 Metodologia de Projeto

Conforme apresentado no capítulo anterior, experimentos em software foram realizados com objetivo de verificar o impacto de diferentes cortes em tamanhos de bloco e modos de predição suportados, e também o impacto causado por modificações na decisão interna de modo. Três arquiteturas com propósitos distintos serviram como base para uma exploração de diferentes frequências alvo e taxas de processamento, com o objetivo de avaliar diferentes resultados de área, dissipação de potência e eficiência energética (em termos de energia por amostra).

Todas soluções foram descritas em linguagem VHDL e verificadas em nível RTL com a ferramenta *Mentor Graphics ModelSim SE-64 6.5f* a partir de comparações entre dados gerados por *test benches* das arquiteturas e dados gerados por algoritmos extraídos do software de referência do padrão e adaptados.

A síntese ASIC foi feita a para biblioteca de células *NanGate 45 nm* com alimentação de 0,95 v fazendo uso da ferramenta *Cadence Encounter RTL Compiler 11.10RC*. Resultados de potência foram gerados a partir de entradas aleatórias com atividade chaveamento fixa de 25% para dados.

As frequências alvo para cada solução foram determinadas através da relação entre o número de ciclos necessários por CTU, o número de CTUs de um quadro com uma determinada resolução e a taxa de amostragem de quadros desejada. A tabela 9 mostra as frequências necessárias para que cada solução possa processar determinadas resoluções e taxas de amostragem, sendo que apenas as células com valores em negrito indicam frequências que foram sintetizadas, devido aos objetivos individuais de cada solução.

Tabela 9 – Frequências alvo das soluções propostas para determinadas resoluções e taxas de amostragem de quadros.

Resolução	Quadros por Segundo (qps)	Frequência Alvo (MHz)		
		Solução (5.2)	Solução (5.3)	Solução (5.4)
HD 720p	30	<b>52</b>	2,7	3,8
HD 1080p	30	<b>117</b>	6	8,5
HD 1080p	60	<b>234</b>	<b>12</b>	<b>17</b>
HD 1080p	120	468	<b>24</b>	<b>33</b>
UHD 4K	30			
UHD 4K	60	936	<b>47</b>	<b>66</b>
UHD 4K	120	1872	<b>94</b>	<b>132</b>
UHD 8K	30			
UHD 8K	60	3744	<b>187</b>	<b>264</b>
UHD 8K	120	7488	<b>374</b>	<b>529</b>

## 6.2 Resultados de Síntese da Solução (5.2)

Para esta arquitetura, considerou-se três frequências alvo que possibilitam o processamento de vídeos HD 720p em 30 qps e HD 1080p em 30 e 60 qps. Esta decisão se baseou no impacto expressivo em BD-rate associado aos cortes adotados por esta solução, que pôde ser verificado na etapa experimental. Por isso, esta solução foi concebida para lidar com vídeos de mais baixa resolução, para os quais o impacto verificado foi menor.

A tabela 10 apresenta os resultados de área, potência e energia por amostra para os alvos mencionados. Dada a baixa área ocupada em hardware e baixa potência dissipada associadas diretamente ao corte de grande parte dos recursos

que a predição intraquadro do padrão, pode-se considerar esta arquitetura como sendo uma solução minimalista capaz de realizar a codificação intraquadro de acordo com o padrão HEVC considerando resoluções HD. Esta solução utiliza 32K *gates* para todas as frequências alvo, sendo que a síntese com a maior frequência teve como resultado uma dissipação de potência de 2,61 mW e energia por amostra de 13,99 pJ/amostra, que foi a melhor eficiência obtida para esta solução.

Tabela 10 – Resultados gerais para solução (5.2).

Resolução	Quadros por Segundo (qps)	Frequência Alvo (MHz)	Área ( <i>gates</i> )	Potência (mW)	Energia por Amostra (pJ/amostra)
HD 720p	30	52	32K	0,67	16,16
HD 1080p	30	117	32K	1,41	15,11
HD 1080p	60	234	32K	2,61	13,99

### 6.3 Resultados de Síntese da Solução (5.3)

Para esta arquitetura, considerou-se um amplo conjunto de frequências alvo, que possibilitam o processamento de vídeos HD 1080p, UHD 4K e UHD 8K em taxas de amostragem que variam de 30 até 120 qps. Apesar de apresentar um impacto considerável em BD-rate, o fato desta arquitetura implementar um nível de paralelismo elevado e trabalhar apenas com candidatos de tamanho único, permite que as mais altas taxas de processamento sejam atingidas em frequências relativamente baixas.

A tabela 11 apresenta os resultados de área e potência para os alvos mencionados. Esta solução utiliza 228K *gates* para a frequência alvo mais elevada, e 202K *gates* para as cinco demais frequências, sendo que a síntese com a maior frequência teve como resultado uma dissipação de potência de 100,57 mW e energia por amostra de 16,84 pJ/amostra, que foi a segunda menor energia por amostra obtida para esta solução.

Em relação a solução anterior, pode-se perceber um acréscimo significativo em área, devido ao maior paralelismo. Pode-se perceber também um acréscimo significativo na potência dissipada para taxa de processamento que ambas soluções tem em comum (HD 1080p), justificado pelo aumento no número de candidatos processados por bloco.

Tabela 11 – Resultados gerais para solução (5.3).

Resolução	Quadros por Segundo (qps)	Frequência Alvo (MHz)	Área (gates)	Potência (mW)	Energia por Amostra (pJ/amostra)
HD 1080p	60	12	202K	5,77	30,92
HD 1080p	120	24	202K	10,54	28,24
UHD 4K	30				
UHD 4K	60	47	202K	18,76	25,13
UHD 4K	120	94	202K	31,03	20,78
UHD 8K	30				
UHD 8K	60	187	202K	48,87	16,37
UHD 8K	120	374	228K	100,57	16,84

#### 6.4 Resultados de Síntese da Solução (5.4)

Para esta solução, a síntese ASIC foi feita para as frequências alvo que possibilitam o processamento de vídeos HD 1080p, UHD 4K e UHD 8K em taxas de amostragem que variam de 30 até 120 qps.

A tabela 12 mostra, detalhadamente, a utilização de recursos de hardware medido em número de *gates* equivalentes de cada módulo da arquitetura para cada frequência alvo. Pode-se observar que as diferentes frequências de operação não causam impacto significativo em termos de área, exceto para a maior frequência, para qual o módulo de árvores de SAD utilizou mais recursos. No melhor caso, a área foi medida em 4401K *gates* e, no pior caso, em 4952K *gates*, havendo assim, uma variação máxima de aproximadamente 12,5%. Em geral, os módulos responsáveis pela etapa de predição ocupam aproximadamente 62,4% da área total, e os módulos de decisão 37,6%. A unidade de controle não utilizou recursos consideráveis.

Dentre os módulos da etapa de predição, o preditor planar consumiu a maior parte da área, sendo maior inclusive que os *buffers* de referência somado aos 130 filtros. Já o preditor DC, mesmo com seus filtros, só não consumiu menos área que os preditores angulares considerados triviais (diagonais 2, 18 e 34; horizontal 10 e vertical 26). Dentre os módulos da etapa de decisão, fica bastante claro o custo relacionado às árvores de SAD por conta do elevado número de somadores e do tamanho individual destes somadores.

Tabela 12 – Resultados de área para solução (5.4).

Módulo	Área (K gates)					
	17 MHz (1080p@60)	33 MHz (1080p@120)	66 MHz (4K@60)	132 MHz (4K@120)	264 MHz (8K@60)	529 MHz (8K@120)
Pred. DC (com filtros)	7	7	7	7	6	7
Pred. Planar	330	329	329	324	324	334
Pred. A2+A34	1	1	1	1	1	1
Pred. A3+A33	116	115	115	115	115	116
Pred. A4+A32	180	180	180	180	180	181
Pred. A5+A31	180	180	180	180	180	180
Pred. A6+A30	177	177	177	177	176	177
Pred. A7+A29	174	174	174	174	174	175
Pred. A8+A28	167	167	167	167	166	167
Pred. A9+A27	79	79	79	79	79	79
Pred. A10+A26 (com filtros)	4	4	4	4	4	4
Pred. A11+A25	80	79	79	79	79	79
Pred. A12+A24	167	167	167	167	167	167
Pred. A13+A23	172	172	172	172	172	172
Pred. A14+A22	178	178	178	178	178	178
Pred. A15+A21	182	181	181	181	182	182
Pred. A16+A20	185	185	185	185	185	185
Pred. A17+A19	114	114	114	114	114	114
Pred. A18	1	1	1	1	1	1
Árvore de SAD (x35)	1244	1243	1243	1243	1243	1769
Comp. de SADs (x8)	83	83	83	83	83	87
Buffer (Referências) (com filtros)	314	314	314	314	314	319
Buffer (Originais)	277	277	277	277	277	277
Controle	1	1	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>4411</b>	<b>4406</b>	<b>4406</b>	<b>4401</b>	<b>4402</b>	<b>4952</b>

A tabela 13 mostra, detalhadamente, a dissipação de potência de cada módulo da arquitetura para cada frequência alvo e a figura 37 mostra o comportamento do aumento da potência em relação ao aumento da frequência. Pode-se ver que ao dobrar a frequência de 17 MHz para 33 MHz se tem um aumento de 12,4% na dissipação de potência, e ao dobrar de 33 MHz para 66 MHz se tem um aumento de 22,6%. Fugindo deste padrão, ao dobrar novamente a frequência para 132 MHz se tem um aumento bastante expressivo de 157,8%. Já os saltos para 264 MHz e 529 MHz causam respectivamente aumentos de 68,8% e 89,9% na dissipação de potência. Em média, os módulos de predição são responsáveis por 64,7% da potência total dissipada, e os de decisão 35,3%. A unidade de controle não causou dissipação de potência considerável.

Tabela 13 – Resultados de potência para solução (5.4).

Módulo	Potência (mW)					
	17 MHz (1080p@60)	33 MHz (1080p@120)	66 MHz (4K@60)	132 MHz (4K@120)	264 MHz (8K@60)	529 MHz (8K@120)
Pred. DC (com filtros)	0,04	0,16	0,27	0,50	0,96	1,62
Pred. Planar	2,69	2,80	2,80	11,94	19,41	38,99
Pred. A2+A34	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05
Pred. A3+A33	0,73	0,74	0,74	1,68	2,49	4,31
Pred. A4+A32	1,20	1,23	1,23	3,03	4,59	8,00
Pred. A5+A31	1,20	1,23	1,23	3,03	4,59	7,99
Pred. A6+A30	1,21	1,24	1,24	3,29	5,03	8,87
Pred. A7+A29	1,24	1,28	1,28	3,66	5,68	10,06
Pred. A8+A28	1,22	1,25	1,25	3,93	6,13	11,00
Pred. A9+A27	0,59	0,60	0,60	1,91	3,00	5,47
Pred. A10+A26 (com filtros)	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
Pred. A11+A25	0,61	0,62	0,62	2,13	3,38	6,18
Pred. A12+A24	1,27	1,30	1,30	5,01	7,90	14,53
Pred. A13+A23	1,32	1,36	1,36	5,37	8,43	15,33
Pred. A14+A22	1,38	1,42	1,42	5,60	8,83	16,22
Pred. A15+A21	1,40	1,43	1,43	5,68	8,97	16,61
Pred. A16+A20	1,40	1,43	1,43	5,56	8,83	16,28
Pred. A17+A19	0,84	0,85	0,85	2,81	4,35	8,03
Pred. A18	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
Árvore de SAD (x35)	6,21	6,26	6,91	12,52	16,60	40,38
Comp. de SADs (x8)	0,90	1,82	3,17	5,74	11,48	23,12
Buffer (Referências) (com filtros)	3,30	4,21	6,60	11,59	23,41	41,15
Buffer (Originais)	3,11	4,56	8,16	18,25	37,06	68,87
Controle	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05
<b>TOTAL</b>	<b>31,89</b>	<b>35,84</b>	<b>43,95</b>	<b>113,30</b>	<b>191,25</b>	<b>363,23</b>

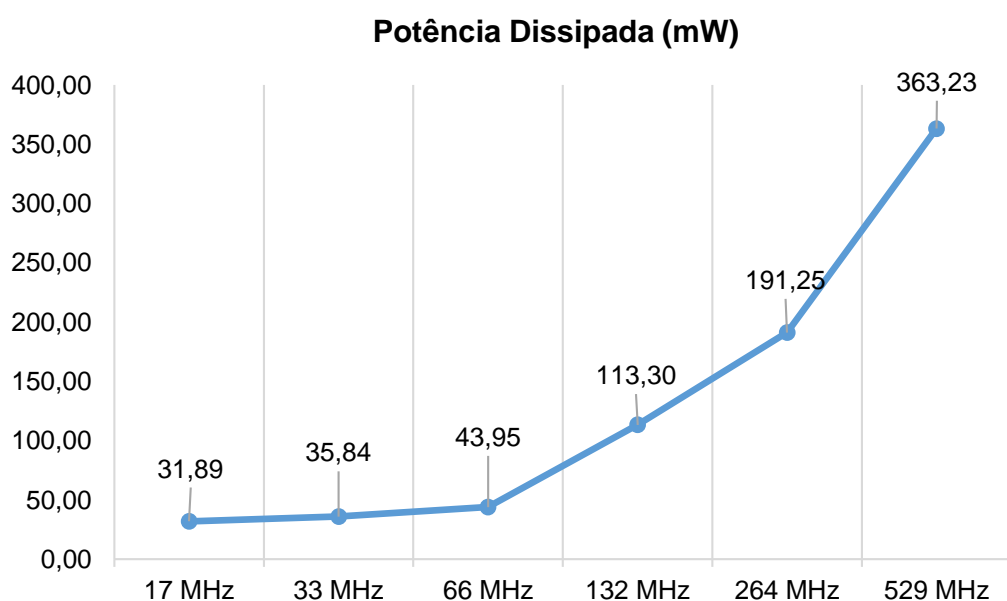


Figura 37 – Variação da potência em relação ao aumento da frequência na solução (5.4).

Por fim, a figura 38 mostra a variação de energia por amostra em relação ao aumento da frequência de operação. Apesar de ficar evidente, através da figura 37, que os aumentos nas resoluções e na taxa de amostragem levam a drásticos aumentos em dissipação de potência, a figura 38 mostra que, por outro lado, a energia por amostra é menor para as maiores taxas de processamento. Isso acontece pelo fato desta solução ter sido projetada com um elevadíssimo paralelismo, justamente com o objetivo de processar vídeos UHD 8K em uma taxa de 120 qps.

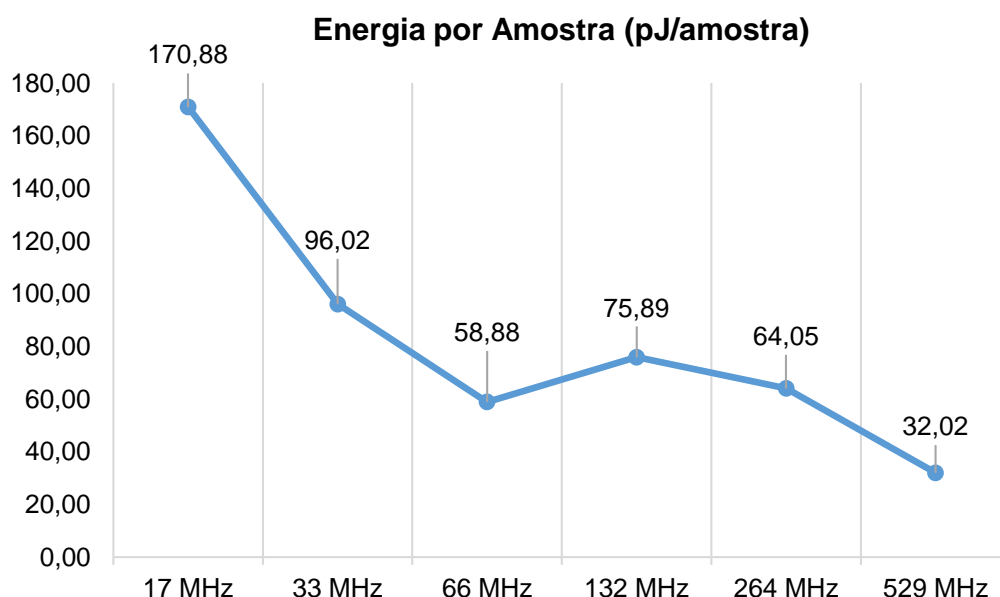


Figura 38 – Variação da energia por amostra em relação ao aumento da frequência na solução (5.4).

## 6.5 Comparação Entre Arquiteturas Desenvolvidas

As tabelas 14 e 15 comparam as três soluções propostas neste trabalho em diferentes critérios de projeto. As figuras 39, 40 e 41 mostram os valores da tabela 15 em forma de gráficos.

Tabela 14 – Comparação geral entre as três soluções propostas.

Critério	Solução (5.2)	Solução (5.3)	Solução (5.4)
Tamanhos de PU	4×4	4×4	Todos
Modos de Predição	0, 1, 10, 26	Todos	Todos
Modo de Decisão	Único melhor SAD	Único melhor SAD	Oito melhores SADs para cada tamanho
Filtros	Sim	Sim	Sim
BD-rate ( <i>All Intra</i> )	46,63%	33,66%	0,17%



Tabela 15 – Comparação de área ocupada, potência dissipada e energia por amostra entre as três arquiteturas propostas.

Resolução	Área (K gates)			Potência Dissipada (mW)			Energia por Amostra (pJ/amostra)		
	Solução (5.2)	Solução (5.3)	Solução (5.4)	Solução (5.2)	Solução (5.3)	Solução (5.4)	Solução (5.2)	Solução (5.3)	Solução (5.4)
HD 720p (30 qps)	32	-	-	0,67	-	-	16,16	-	-
HD 1080p (30 qps)	32	-	-	1,41	-	-	15,11	-	-
HD 1080p (60 qps)	32	201	4411	2,61	5,77	31,89	13,99	30,92	170,88
HD 1080p (120 qps)	-	201	4406	-	10,54	35,84	-	28,24	96,02
UHD 4K (60 qps)	-	201	4406	-	18,76	43,95	-	25,13	58,88
UHD 4K (120 qps)	-	201	4401	-	31,03	113,30	-	20,78	75,89
UHD 8K (60 qps)	-	201	4402	-	48,87	191,25	-	16,37	64,05
UHD 8K (120 qps)	-	228	4952	-	100,57	363,23	-	16,84	32,02

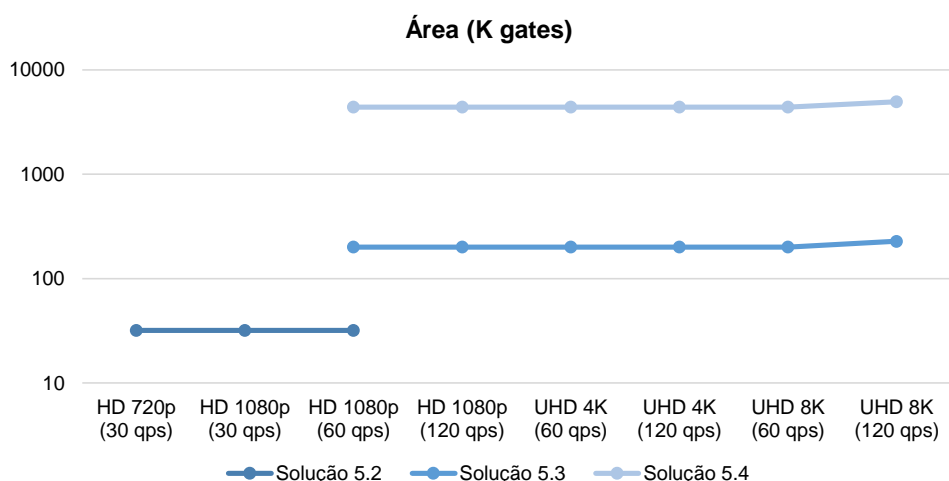


Figura 39 – Comparação de área ocupada entre as três arquiteturas propostas.

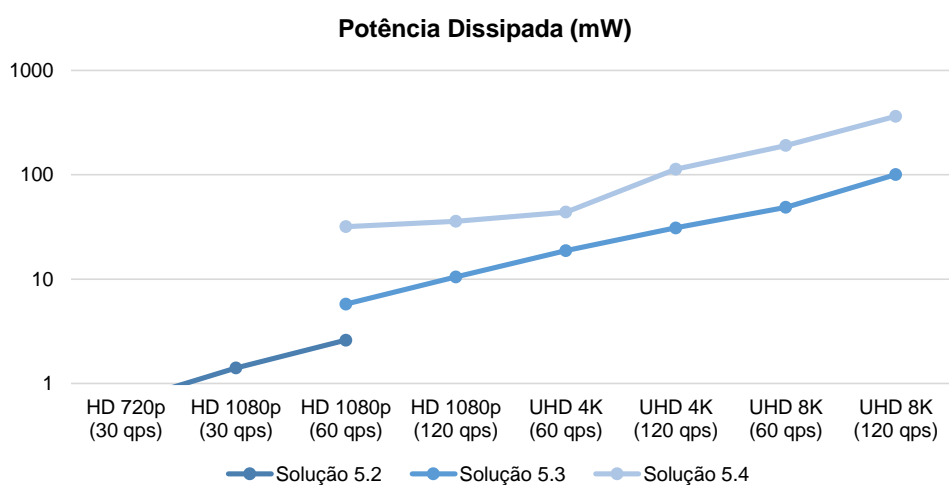


Figura 40 – Comparação de potência dissipada entre as três arquiteturas propostas.

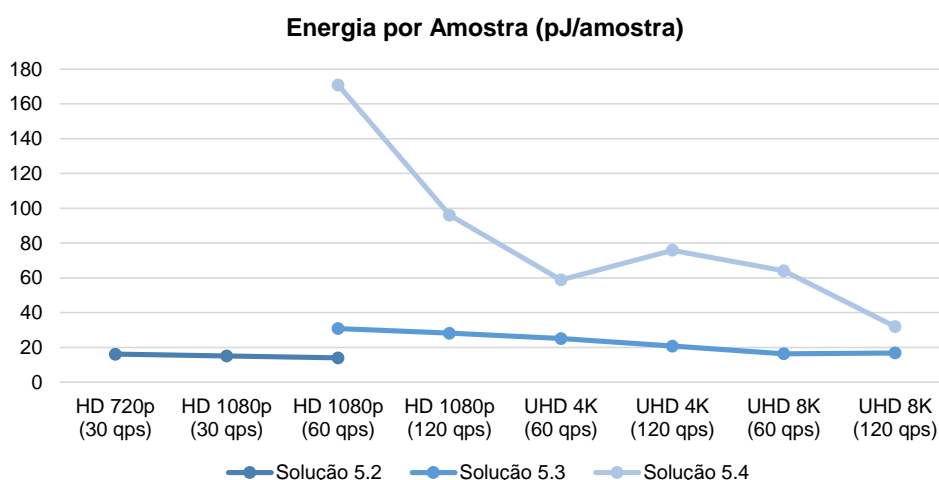


Figura 41 – Comparação de energia por amostra entre as três arquiteturas propostas.

A solução (5.2) é a mais limitada de todas, trabalhando com um único tamanho de PB, com um subconjunto bastante restrito de modos de predição e com um modo de decisão interno bastante simplificado. Tais limitações causaram um impacto bastante expressivo de 46,63% BD-rate, tornando esta solução a menos indicada em cenários onde eficiência de compressão possui grande prioridade e mais indicada em cenários onde o baixo custo de área e baixa dissipação de potência são necessários.

A solução (5.3) apresenta melhoras em relação à primeira, como o aumento da taxa de processamento para frequências menores devido ao maior paralelismo, e como o aumento do número de modos de predição suportados. A decisão de modo é baseada na mesma lógica da primeira solução, considerando apenas o melhor SAD. As limitações desta solução causam um impacto menor, de 33,66% no BD-rate, ao custo de uma área aproximadamente seis vezes maior, dissipação de potência duas vezes maior, energia por amostra duas vezes maior, isso considerando a mesma resolução e taxa de quadros (HD 1080p 60 qps). Esta solução é preferível em relação à anterior em aplicações que demandam qualidade visual maior sem abrir mão totalmente do baixo custo de área e da baixa dissipação de potência. É importante mencionar que esta solução com resolução alvo UHD 8K 120 qps apresenta uma energia por amostra próxima à da solução (5.2) com resolução alvo HD 720p 30 qps.

A terceira e última solução (5.4) suporta todos os tamanhos de PB e todos os modos de predição, além de incluir um modo de decisão mais robusto. Desta maneira, o impacto em BD-rate foi reduzido para meros 0,17% em relação à versão utilizada pelo software de referência, fazendo com que esta solução atinja a qualidade de compressão adequada para o processamento das maiores resoluções disponíveis atualmente, como UHD 4K e UHD 8K. O paralelismo necessário para que estas resoluções altíssimas sejam processadas em tempo real, considerando o grande aumento no número de candidatos preditos, gerou um relevante custo em área, potência e energia por amostra. Considerando a resolução HD 1080p 60qps, para a qual foram gerados resultados para as três arquiteturas, a terceira solução usa quase 22 vezes mais área que a segunda e quase 138 vezes mais área que a primeira. Além disso, a terceira solução apresentou uma potência 5,5 vezes maior que a segunda solução e cerca de 12 vezes maior que a primeira solução. Em termos de energia por amostra os resultados são similares aos de potência. Esses custos adicionais são o preço pago para garantir um BD-rate 198 vezes melhor se comparado à segunda solução e 274 vezes melhor quando comparado à primeira solução.

## 6.6 Comparação com Trabalhos da Literatura

A tabela 16 faz uma comparação entre as arquiteturas desenvolvidas neste trabalho e os trabalhos encontrados na literatura que propõem módulos de predição intraquadro em hardware. Nesta seção, considera-se apenas trabalhos com síntese ASIC. O trabalho de Tsai (2014) será discutido ao final desta seção, por se tratar de uma proposta de codificador completo.

Ao observar os dados apresentados na tabela, percebe-se que os trabalhos da literatura foram desenvolvidos com foco em resolução HD 1080p, sendo mais adequada a comparação destes com as soluções (5.2) e (5.3). Em geral, os trabalhos relacionados não empregam estratégia de corte de tamanho ou modos, mas aplicam uma decisão de modo simplificada ou simplesmente não mencionam a decisão de modo utilizada. Nenhum destes trabalhos menciona dados de potência, impossibilitando uma comparação de energia por amostra.

A arquitetura de Palomino (2011) foi uma das primeiras publicações sobre o tema, no entanto houveram muitas alterações desde o *draft* 3 de forma que os métodos de predição não são mais comparáveis. Mas uma rápida análise mostra

que o suporte a todos modos e todos tamanhos associado a um baixo paralelismo impossibilitou o processamento de vídeos HD 1080p em tempo real de processamento.

Tabela 16 – Comparação das soluções deste trabalho com propostas da literatura para módulos de predição intraquadro.

<b>Critério</b>	<b>Solução (5.2)</b>	<b>Solução (5.3)</b>	<b>Solução (5.4)</b>	<b>Palomino (2011)</b>	<b>Zhou (2013)</b>	<b>Liu (2013)</b>	<b>Abram. (2014)</b>
<b>Tamanhos de PU</b>	4x4	4x4	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
<b>Modos de Predição</b>	0, 1, 10, 26	Todos	Todos	Todos exceto Planar	Todos	Todos	Todos
<b>Modo de Decisão</b>	Único melhor SAD	Único melhor SAD	Oito melhores SADs	Único melhor SAD	n/a	Único melhor SATD	n/a
<b>Filtros</b>	Sim	Sim	Sim	Não	Não	n/a	Sim
<b>BD-rate</b>	46,63% (AI)	33,66% (AI)	0,17% (AI)	n/a	n/a	10% (n/a)	n/a
<b>Padrão</b>	HEVC	HEVC	HEVC	HEVC ( <i>Draft</i> 3)	HEVC ( <i>Draft</i> 10)	HEVC ( <i>Draft</i> 10)	HEVC
<b>Tecnologia</b>	<i>NanGate</i> 45 nm	<i>NanGate</i> 45 nm	<i>NanGate</i> 45 nm	IBM 65 nm	TSMC 130 nm	TSMC 65 nm	TSMC 130 nm
<b>Área (gates)</b>	32K	201K	4952K	37K	324K	77K	127K
<b>Frequência</b>	224 MHz	12 MHz	529 MHz	500 MHz	400 MHz	600 MHz	200 MHz
<b>Potência</b>	2,61 mW	5,77 mW	363,23 mW	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Taxa de Proc.</b>	HD 1080p 60 qps	HD 1080p 60 qps	UHD 8K 120 qps	HD 1080p 13 qps	HD 1080p 80 qps	HD 1080p 30 qps	HD 1080p 35 qps

Apenas Liu (2013) informa dados de qualidade, que foi de um acréscimo de 10% BD-rate para um decisão de modo baseada em um único melhor SATD. Este trabalho prevê suporte a todos modos e tamanhos, porém aplica um baixo nível de paralelismo, resultando em uma elevada frequência para processamento de vídeos HD 1080p em uma taxa de 30 qps. O custo em área foi de 77K *gates*, ou seja, entre o custo das soluções (5.2) e (5.3).

As propostas de Zhou (2013) e Abramowski (2014) consideram a mesma tecnologia de células e possuem uma área próxima à da solução (5.2). Respectivamente, em frequências de 400 e 200 MHz, estas propostas são capazes de trabalhar com resoluções HD 1080p em tempo real. Por outro lado, a solução (5.3) atinge a mesma taxa de processamento com uma frequência de operação consideravelmente mais baixa (12 MHz), fator que pode resultar em menor energia por amostra. Infelizmente, os autores não discutem suas estratégias de decisão interna, tornando impossível maiores comparações sobre eficiência de compressão, critério que poderia ser uma desvantagem para (5.3).

Além dos trabalhos listados na tabela 16 que propõem módulos de predição intraquadro, este capítulo apresenta uma comparação da solução (5.4) com a arquitetura de um codificador completo proposta por Tsai (2014). Esta arquitetura foi a mais relevante encontrada na literatura. Nela, é empregado um módulo de predição intraquadro que apesar de dar suporte a todos modos de predição, calcula no máximo 12 candidatos por PB com base em uma heurística, reduzindo o esforço computacional.

A tabela 17 fornece uma comparação entre a solução final deste trabalho e o módulo de predição intraquadro da arquitetura completa proposta por Tsai (2014). Em termos de qualidade, a solução desta dissertação tem um impacto muito menor em BD-rate, além de apresentar dados para a configuração *All Intra* para que o impacto não seja diluído em meio à predição interquadros. Como os resultados apresentados por Tsai (2014) são para *Low Delay*, as perdas em BD-rate serão muito maiores que os 1,03% apresentados caso a configuração *All Intra* seja utilizada, dada a heurística agressiva utilizada na redução dos modos avaliados. Em termos de área, pode-se perceber que a solução proposta neste trabalho utiliza aproximadamente 3,8 vezes mais *gates*, no entanto a justificativa disso é que a solução foi projetada com paralelismo para processar UHD 8K em 120 qps, desempenho muito superior ao máximo apresentado por Tsai (2014). Além disso, para uma mesma taxa de processamento alvo, a arquitetura de Tsai (2014) necessita de uma frequência 2,4 vezes mais elevada.

Tabela 17 – Comparação entre a solução (5.4) e o módulo de predição intraquadro da arquitetura proposta por Tsai (2014).

<b>Critério</b>	<b>Solução (5.4)</b>	<b>Tsai (2014)</b>
<b>Tamanhos de PU</b>	Todos	Todos
<b>Modos de Predição</b>	Todos	Todos
<b>Decisão de Modo</b>	Oito melhores SADs por PB	Processar 12 de 35 modos por PB
<b>BD-rate</b>	0,17% (AI)	1,03% (LD)
<b>Tecnologia</b>	<i>NanGate</i> 45 nm	TSMC 28 nm
<b>Área (gates)</b>	4401K	1148K
<b>Frequência</b>	132 MHz	312 MHz
<b>Taxa de Proc.</b>	UHD 8K em 30 qps	UHD 8K em 30 qps

Dados de potência do módulo intraquadro isolado não são informados por Tsai (2014), mas a potência do codificador completo é informada como sendo 708 mW para a taxa de processamento de vídeos UHD 8K em 30 qps. Sendo assim, não é possível assumir valores de energia por amostra para este trabalho relacionado.

## 7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

*“Odeio escrever, adoro ter escrito”*

Douglas Adams

Esta dissertação apresentou três arquiteturas para o módulo de predição intraquadro de acordo com o padrão HEVC, estado da arte em técnicas de codificação de vídeos digitais. Os objetivos das soluções tinham diferentes relações entre taxa de processamento, qualidade de compressão, custo em área, dissipação de potência e eficiência energética.

Foram apresentados conceitos introdutórios sobre o novo padrão e conceitos teóricos mais detalhados em relação às técnicas de predição intraquadro. Foi apresentado também um levantamento de soluções propostas na literatura com o objetivo de identificar estratégias que já foram adotadas por autores e também identificar estratégias ainda não exploradas.

Ainda, foi apresentada uma exploração com o objetivo de analisar a frequência de aplicação dos diferentes tamanhos e modos de predição intraquadro, e também analisar a contribuição destes em termos de taxa-distorção. Estes dados foram utilizados como base para as decisões dos projetos arquiteturais.

Então, foram apresentadas três diferentes arquiteturas base para o módulo de predição intraquadro do padrão HEVC e, posteriormente, foi apresentada uma exploração em cima dos resultados de síntese. As arquiteturas foram descritas em VHDL e sintetizadas para tecnologia *NanGate* 45 nm 0,95 v. Os resultados foram apresentados individualmente, sendo que para cada arquitetura foram consideradas frequências alvo que permitem o processamento de resoluções HD 1080p, UHD 4K e UHD 8K em taxas de amostragem que variam de 30 qps até 120 qps.

Em seguida, foram apresentadas comparações e discussões mais detalhadas entre as três arquiteturas propostas neste trabalho e outras arquiteturas propostas na literatura. Considera-se que nenhuma solução é a ideal para todos os possíveis cenários, e acredita-se que cada solução cumpriu com seus objetivos individuais. A primeira solução tinha como objetivo implementar um módulo com o menor hardware possível e menor dissipação de potência, sacrificando qualidade de compressão e focando apenas em resoluções HD 720p e HD 1080p. A segunda solução tinha como objetivo implementar um maior paralelismo para permitir o processamento de resoluções HD 1080p e até UHD 4K em maiores taxas de amostragem de quadros sem sacrificar tanta qualidade visual, e por consequência elevando o custo em área e potência. A terceira e última solução tinha como objetivo atingir uma qualidade de compressão muito elevada e um elevado paralelismo para permitir o processamento de resoluções UHD 8K em até 120 qps, por consequência, elevando expressivamente o custo em área e potência.

Em relação aos trabalhos relacionados, os resultados foram considerados satisfatórios e competitivos, em especial quando se comparou os dados da solução (5.4) com os de Tsai (2014), que foi a solução mais relevante encontrada na literatura. Neste trabalho relacionado, tem-se um módulo de predição intraquadro projetado com foco em processamento de vídeos UHD 8K em 30 qps que utilizou uma quantidade significativamente menor de *gates* que a deste trabalho. No entanto, a solução desta dissertação foi desenvolvida com o objetivo de atingir uma taxa de amostragem quadros quatro vezes maior e o de proporcionar a melhor qualidade de compressão possível, e atinge estes objetivos com sucesso. Em termos de qualidade, a solução deste trabalho apresentou um aumento de 0,17% BD-rate em *All Intra*, já a solução relacionada apresentou um aumento de 1,03% em *Low Delay*.

Como trabalhos futuros, entende-se que ainda há espaço para diversas otimizações em relação à solução final proposta. Pretende-se realizar ajustes finos com o principal objetivo de reduzir a área necessária sem que haja perda no poder de processamento, e também com o objetivo de reduzir o máximo possível a potência dissipada pelo circuito. Entende-se, também, que existem extensões do padrão HEVC que expandem o conjunto de técnicas da predição intraquadro, como por exemplo as extensões para conteúdo 3D e para conteúdo gerado digitalmente e estas extensões serão alvo de investigações futuras.



## REFERÊNCIAS

ABRAMOWSKI, A.; PASTUSZAK, G. A double-path intra prediction architecture for the hardware H.265/HEVC encoder. In: 17th International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits & Systems, 2014. Warsaw. Proceedings of DDECS, IEEE, 2014. p.27-32.

ACM. ACM Digital Library. Disponível em <<http://dl.acm.org>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

BJØNTEGAARD, G. **VCEG-M33**: Calculation of average PSNR differences between RD-curves. Austin, 2011. Disponível em: <[http://wftp3.itu.int/av-arch/video-site/0104\\_Aus/](http://wftp3.itu.int/av-arch/video-site/0104_Aus/)>. Acesso em: 03 fev. 2017.

BOSSEN, F. **JCTVC-H1100**: Common test conditions and software reference configurations. San Jose, 2012. Disponível em: <<http://phenix.int-evry.fr/jct/>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

BOSSEN, F. **JCTVC-L1100**: Common test conditions and software reference configurations. Geneva, 2013. Disponível em: <<http://phenix.int-evry.fr/jct/>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

BOSSEN, F.; BROSS, B.; SÜHRING, K.; FLYNN, D. HEVC Complexity and Implementation Analysis. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, v.22, n.12, p.1685-1696, 2012.

BROSS, B.; HAN, W.; OHM, J.; SULLIVAN, G.; WIEGAND, T. **JCTVC-H1003**: High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 6. San Jose, 2011. Disponível em: <<http://phenix.int-evry.fr/jct/>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

BROSS, B.; HAN, W.; OHM, J.; SULLIVAN, G.; WIEGAND, T. **JCTVC-L1003**: High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 10 (for FDIS & Last Call). Geneva, 2013. Disponível em: <<http://phenix.int-evry.fr/jct/>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

BUDAGAVI, M.; FULDSETH, A.; BJØNTEGAARD, G. HEVC Transform and Quantization. In: SZE, V; BUDAGAVI, M.; SULLIVAN, G. (Eds.). *High Efficiency Video Coding: Algorithms and Architectures*. Springer, 2014. p.141-169.

CHEN, G.; LIU, Z.; IKENAGA, T.; WANG, D. Fast HEVC intra mode decision using matching edge detector and kernel density estimation alike histogram generation. In: IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2013. Beijing. Proceedings of ISCAS, IEEE, 2013.

CORRÊA, G. R. **Computational Complexity Reduction and Scaling for High Efficiency Video Encoders**. 2014. 286f. Tese (Doutorado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Universidade de Coimbra, Coimbra.

CORREA, M.; PORTO, M.; ZATT, B.; AGOSTINI, L. A Low-Area and High-Throughput Intra Prediction Architecture for a Multi-Standard HEVC and H.264/AVC Video Encoder. In: 28th Symposium on Integrated Circuits and Systems Design, 2015. Salvador. Proceedings of SBCCI, ACM, 2015.

GROIS, D.; MARPE, D.; MULAYOFF, A.; ITZHAKY, B.; HADAR, O. Performance comparison of H.265/MPEG-HEVC, VP9, and H.264/MPEG-AVC encoders. In: 30th Picture Coding Symposium, 2013. San Jose. Proceedings of PCS, IEEE, 2013.

IEEE. IEEE Xplore Digital Library. Disponível em <<http://ieeexplore.ieee.org>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

ISO/IEC. **Information technology**: Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s – Part 2: Video, ISO/IEC 11172-2:1993. 1993. 112p.

ISO/IEC. **Information technology**: Generic coding of moving pictures and associated audio information – Video, ISO/IEC 13818-2:1996. 1996.

ISO/IEC. **Information technology**: Coding of audio-visual objects – Part 2: Visual, ISO/IEC 14496-2:1999. 1999.

ISO/IEC. **Information technology**: Coding of audio-visual objects – Part 10: Advanced Video Coding, ISO/IEC 14496-10:2003. 2003.

ISO/IEC. **Information technology**: High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 2: High efficiency video coding, ISO/IEC 23008-2. 2013. 296p.

ITU-T. **H.261**: Video codec for audiovisual services at p x 384 kbit/s, Recommendation H.261 (11/88). 1988. 29p.

ITU-T. **H.262**: Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video, Recommendation H.262 (07/95). 1995. 211p.

ITU-T. **H.263**: Video coding for low bit rate communication, Recommendation H.263 (03/96). 1996. 52p.

ITU-T. **H.264**: Advanced video coding for generic audiovisual services, Recommendation H.264 (05/03). 2003. 282p.

ITU-T. **H.265**: High efficiency video coding, Recommendation H.265 (04/13). 2013. 317p.

KALALI, E.; ADIBELLI, Y.; HAMZAOGLU, I. A High Performance and Low Energy Intra Prediction Hardware for High Efficiency Video Coding. In: 22nd International Conference on Field Programmable Logic and Applications, 2012. Oslo. Proceedings of FPL, IEEE, 2012. p.719-722.

LAINEMA, J.; BOSSEN, F.; HAN, W.; MIN, J.; UGUR, K. Intra Coding of the HEVC Standard. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, v.22, n.12, p.1792-1801, 2012.

LAINEMA, J.; HAN, W. Intra-Picture Prediction in HEVC. In: SZE, V; BUDAGAVI, M.; SULLIVAN, G. (Eds.). *High Efficiency Video Coding: Algorithms and Architectures*. Springer, 2014. p.91-112.

LIU, C.; SHEN, W.; MA, T.; FAN, Y. A Highly Pipelined VLSI Architecture for All Modes and Block Size Intra Prediction in HEVC Encoder. In: IEEE 10th International Conference on ASIC, 2013. Shenzhen. Proceedings of ASICON, IEEE, 2013. p.1-4.

MARPE, P.; SCHWARZ, H.; WIEGAND, T. Context-based adaptive binary arithmetic coding in the H.264/AVC video compression standard. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, v.13, n.7, p.620-636, 2003.

PALOMINO, D.; SAMPAIO, F; AGOSTINI, L.; BAMPI, S.; SUSIN, A. A Memory Aware and Multiplierless VLSI Architecture for the Complete Intra Prediction of the HEVC Emerging Standard. In: IEEE 19th International Conference on Image Processing, 2012. Orlando. Proceedings of ICIP, IEEE, 2012. p.201-204.

PIAO, Y.; MIN, J.; CHEN, J. **JCTVC-C207**: Encoder improvement of unified intra prediction. Guangzhou, 2010. Disponível em: <<http://phenix.int-evry.fr/jct/>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

RICHARDSON, I. G. **H.264 and MPEG-4 Video Compression**, 1.ed. Wiley, 2003. 320p.

ROSEWARNE, C.; BROSS, B.; NACCARI, M; SHARMAN, K.; SULLIVAN, G. **JCTVC-U1002**: High Efficiency Video Coding (HEVC) Test Model 16 (HM 16) Improved Encoder Description Update 3. Warsaw, 2015. Disponível em: <<http://phenix.int-evry.fr/jct/>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

SCHWARZ, H.; SCHIERL, T.; MARPE, D. Block Structures and Parallelism Features in HEVC. In: SZE, V; BUDAGAVI, M.; SULLIVAN, G. (Eds.). *High Efficiency Video Coding: Algorithms and Architectures*. Springer, 2014. p.49-90.

SHEN, L.; ZHANG, Z.; AN, P. Fast CU size decision and mode decision algorithm for HEVC intra coding. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v.59, n.1, p.207-213, 2013.

SILVA, T.; AGOSTINI, L.; CRUZ, L. Fast HEVC intra prediction mode decision based on EDGE direction information. In: 20th European Signal Processing Conference, 2012. Bucharest. Proceedings of EUSIPCO, IEEE, 2012.

SJÖBERG, R.; BOYCE, J. HEVC High-Level Syntax. In: SZE, V; BUDAGAVI, M.; SULLIVAN, G. (Eds.). *High Efficiency Video Coding: Algorithms and Architectures*. Springer, 2014. p.13-48.

SULLIVAN, G. J.; WIEGAND, T. Rate-distortion optimization for video coding. **IEEE Signal Processing Magazine**, v.15, n.6, p.74-90, 1998.

SULLIVAN, G. J.; OHM, J.; HAN, W.; WIEGAND, T. Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, v.22, n.12, p.1649-1668, 2012.

SULLIVAN, G. J. Introduction. In: SZE, V; BUDAGAVI, M.; SULLIVAN, G. (Eds.). *High Efficiency Video Coding: Algorithms and Architectures*. Springer, 2014. p.1-12.

SZE, V.; MARPE, D. Entropy Coding in HEVC. In: SZE, V; BUDAGAVI, M.; SULLIVAN, G. (Eds.). *High Efficiency Video Coding: Algorithms and Architectures*. Springer, 2014. p.209-274.

TSAI, S.; TSAI, C.; CHEN, L. Encoder Hardware Architecture for HEVC. In: SZE, V; BUDAGAVI, M.; SULLIVAN, G. (Eds.). *High Efficiency Video Coding: Algorithms and Architectures*. Springer, 2014. p.343-375.

WIEGAND, T.; SULLIVAN, G. J.; BJØNTEGAARD, G.; LUTHRA, A. Overview of the H.264/AVC video coding standard. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, v.13, n.7, p.560-576, 2003.

WIEGAND, T.; HAN, W.; BROSS, B.; OHM, J.; SULLIVAN, G. **JCTVC-E603**: WD3: Working Draft 3 of High-Efficiency Video Coding. Geneva, 2011. Disponível em: <<http://phenix.int-evry.fr/jct/>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

ZHOU, M.; DING, D.; YU, L. On Hardware Architecture and Processing Order of HEVC Intra Prediction Module. In: Picture Coding Symposium, 2013. San Jose. Proceedings of PCS, IEEE, 2013. p.101-104.

## **Apêndices**

## **Apêndice A – Avaliação em Software para Verificação do Percentual de Ocorrência de Modos de Predição e Tamanhos de PU**

Com o objetivo de auxiliar na tomada de decisões ao longo do desenvolvimento deste trabalho, experimentos foram realizados para determinar o percentual de ocorrência de cada tamanho de PU e de cada modo na predição intraquadro.

Para estes testes foi utilizado o software de referência HM 16.2 configurado com quatro diferentes valores de QP e 24 sequências de teste divididas em seis classes, de acordo com as CTCs (BOSSSEN, 2013).

Este apêndice apresenta detalhadamente os resultados obtidos na codificação *All Intra* para que o leitor possa tirar suas próprias conclusões em relação as decisões tomadas neste trabalho. Os resultados estão organizados da seguinte forma: A seção A.1 apresenta o resultado médio de todas as sequências e todos os QPs, a seção A.2 apresenta os resultados médios por classe e todos os QPs, e as demais seções apresentam os resultados individuais de cada sequência e cada QP.

## A.1 Resultado Médio Geral

<b>MÉDIA GERAL</b>						
	<b>4x4</b>	<b>8x8</b>	<b>16x16</b>	<b>32x32</b>	<b>64x64</b>	<b>TOTAL</b>
<b>DC</b>	4,68	3,03	1,74	1,11	0,16	<b>10,71</b>
<b>Planar</b>	9,30	5,32	2,54	1,03	0,14	<b>18,33</b>
<b>A2</b>	1,07	0,45	0,13	0,04	0,01	<b>1,69</b>
<b>A3</b>	0,71	0,23	0,10	0,03	0,00	<b>1,08</b>
<b>A4</b>	0,70	0,31	0,14	0,03	0,00	<b>1,18</b>
<b>A5</b>	0,81	0,40	0,18	0,04	0,00	<b>1,43</b>
<b>A6</b>	1,18	0,58	0,25	0,05	0,00	<b>2,07</b>
<b>A7</b>	1,14	0,58	0,25	0,05	0,00	<b>2,02</b>
<b>A8</b>	1,11	0,58	0,29	0,07	0,00	<b>2,06</b>
<b>A9</b>	1,33	0,82	0,32	0,10	0,01	<b>2,58</b>
<b>A10</b>	3,41	1,51	0,52	0,18	0,03	<b>5,64</b>
<b>A11</b>	1,37	0,80	0,29	0,08	0,00	<b>2,55</b>
<b>A12</b>	1,04	0,50	0,23	0,04	0,00	<b>1,81</b>
<b>A13</b>	0,96	0,37	0,15	0,03	0,00	<b>1,51</b>
<b>A14</b>	1,01	0,36	0,14	0,02	0,00	<b>1,53</b>
<b>A15</b>	0,92	0,37	0,13	0,02	0,00	<b>1,44</b>
<b>A16</b>	0,93	0,32	0,12	0,02	0,00	<b>1,39</b>
<b>A17</b>	1,12	0,33	0,12	0,02	0,00	<b>1,59</b>
<b>A18</b>	1,25	0,60	0,14	0,02	0,00	<b>2,01</b>
<b>A19</b>	1,28	0,40	0,14	0,02	0,00	<b>1,84</b>
<b>A20</b>	1,13	0,42	0,14	0,02	0,00	<b>1,70</b>
<b>A21</b>	1,15	0,48	0,15	0,02	0,00	<b>1,80</b>
<b>A22</b>	1,50	0,53	0,16	0,02	0,00	<b>2,22</b>
<b>A23</b>	1,52	0,61	0,20	0,03	0,00	<b>2,37</b>
<b>A24</b>	1,47	0,66	0,25	0,04	0,01	<b>2,43</b>
<b>A25</b>	1,63	0,85	0,29	0,08	0,01	<b>2,86</b>
<b>A26</b>	5,44	2,28	0,87	0,28	0,10	<b>8,97</b>
<b>A27</b>	1,55	0,75	0,21	0,06	0,00	<b>2,57</b>
<b>A28</b>	1,27	0,53	0,22	0,04	0,00	<b>2,06</b>
<b>A29</b>	1,18	0,47	0,17	0,04	0,00	<b>1,87</b>
<b>A30</b>	1,11	0,40	0,14	0,03	0,00	<b>1,68</b>
<b>A31</b>	0,80	0,32	0,12	0,03	0,00	<b>1,27</b>
<b>A32</b>	0,70	0,25	0,10	0,02	0,00	<b>1,08</b>
<b>A33</b>	0,84	0,25	0,10	0,03	0,00	<b>1,22</b>
<b>A34</b>	0,89	0,39	0,11	0,03	0,01	<b>1,42</b>
<b>TOTAL</b>	<b>57,50</b>	<b>27,05</b>	<b>11,15</b>	<b>3,74</b>	<b>0,53</b>	

## A.2 Resultados Médios por Classe

MÉDIA DAS SEQUÊNCIAS DA CLASSE A

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,52	4,37	3,93	3,58	0,57	15,97
Planar	7,57	6,85	4,52	2,94	0,32	22,20
A2	0,43	0,49	0,21	0,07	0,01	1,22
A3	0,50	0,34	0,25	0,07	0,01	1,17
A4	0,54	0,49	0,33	0,09	0,01	1,46
A5	0,70	0,69	0,43	0,10	0,00	1,93
A6	1,09	0,94	0,53	0,12	0,00	2,69
A7	1,02	0,92	0,54	0,13	0,01	2,62
A8	1,02	0,96	0,68	0,20	0,01	2,86
A9	1,19	1,27	0,65	0,31	0,02	3,45
A10	2,42	1,64	0,75	0,35	0,08	5,25
A11	1,10	1,15	0,51	0,24	0,01	3,02
A12	0,78	0,70	0,46	0,12	0,01	2,07
A13	0,73	0,54	0,31	0,07	0,01	1,66
A14	0,75	0,54	0,30	0,06	0,00	1,65
A15	0,57	0,44	0,23	0,04	0,00	1,28
A16	0,48	0,33	0,19	0,03	0,00	1,03
A17	0,66	0,28	0,16	0,02	0,00	1,13
A18	0,40	0,59	0,13	0,02	0,00	1,15
A19	0,60	0,25	0,14	0,02	0,00	1,00
A20	0,47	0,26	0,13	0,02	0,00	0,89
A21	0,50	0,32	0,15	0,02	0,00	1,00
A22	0,64	0,36	0,16	0,03	0,00	1,19
A23	0,78	0,48	0,22	0,03	0,00	1,51
A24	0,77	0,58	0,31	0,05	0,00	1,73
A25	0,74	0,65	0,26	0,11	0,01	1,77
A26	3,39	2,12	0,89	0,41	0,16	6,97
A27	0,71	0,59	0,19	0,08	0,00	1,57
A28	0,68	0,51	0,28	0,07	0,00	1,54
A29	0,64	0,46	0,25	0,06	0,00	1,42
A30	0,60	0,39	0,21	0,05	0,00	1,26
A31	0,41	0,33	0,19	0,05	0,00	0,98
A32	0,38	0,29	0,18	0,05	0,01	0,90
A33	0,53	0,32	0,19	0,06	0,01	1,10
A34	0,52	0,57	0,20	0,06	0,01	1,36
TOTAL	37,84	32,03	19,05	9,77	1,31	

MÉDIA DAS SEQUÊNCIAS DA CLASSE B

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,02	4,34	2,47	1,44	0,20	13,46
Planar	9,71	7,72	3,73	1,67	0,20	23,03
A2	0,47	0,45	0,16	0,05	0,00	1,13
A3	0,48	0,23	0,12	0,04	0,00	0,88
A4	0,45	0,25	0,13	0,04	0,00	0,88
A5	0,63	0,38	0,18	0,05	0,00	1,25
A6	1,30	0,90	0,40	0,09	0,00	2,69
A7	1,38	1,04	0,45	0,10	0,00	2,97
A8	1,22	1,01	0,47	0,12	0,01	2,83
A9	1,27	1,36	0,61	0,16	0,01	3,41
A10	2,10	1,45	0,65	0,25	0,03	4,47
A11	1,07	1,06	0,40	0,12	0,00	2,66
A12	0,84	0,60	0,29	0,05	0,00	1,78
A13	0,77	0,50	0,25	0,05	0,00	1,58
A14	0,87	0,52	0,22	0,04	0,00	1,65
A15	0,77	0,44	0,17	0,03	0,00	1,41
A16	0,65	0,33	0,14	0,02	0,00	1,14
A17	0,77	0,29	0,13	0,02	0,00	1,21
A18	0,53	0,51	0,12	0,02	0,00	1,18
A19	0,79	0,28	0,11	0,02	0,00	1,21
A20	0,66	0,30	0,12	0,02	0,00	1,10
A21	0,65	0,35	0,13	0,02	0,00	1,15
A22	0,76	0,41	0,16	0,02	0,00	1,35
A23	0,83	0,52	0,21	0,03	0,00	1,58
A24	0,90	0,69	0,32	0,05	0,00	1,96
A25	1,12	1,17	0,45	0,12	0,01	2,87
A26	4,14	2,78	1,14	0,41	0,04	8,51
A27	1,05	0,95	0,29	0,08	0,00	2,37
A28	0,81	0,55	0,26	0,05	0,00	1,67
A29	0,69	0,47	0,21	0,05	0,00	1,42
A30	0,67	0,39	0,17	0,04	0,00	1,27
A31	0,51	0,33	0,15	0,04	0,00	1,02
A32	0,47	0,27	0,12	0,03	0,00	0,89
A33	0,53	0,26	0,12	0,03	0,00	0,93
A34	0,46	0,41	0,13	0,04	0,00	1,03
TOTAL	45,33	33,49	15,19	5,39	0,55	

MÉDIA DAS SEQUÊNCIAS DA CLASSE C

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,82	2,82	1,06	0,31	0,02	10,03
Planar	10,72	4,78	1,44	0,25	0,01	17,20
A2	0,94	0,37	0,08	0,01	0,00	1,39
A3	0,83	0,21	0,06	0,01	0,00	1,11
A4	0,77	0,25	0,07	0,01	0,00	1,10
A5	0,82	0,29	0,07	0,01	0,00	1,18
A6	1,21	0,57	0,18	0,03	0,00	1,99
A7	1,15	0,52	0,13	0,01	0,00	1,81
A8	1,12	0,39	0,10	0,01	0,00	1,62
A9	1,44	0,62	0,13	0,02	0,00	2,21
A10	2,99	1,27	0,32	0,03	0,00	4,60
A11	1,50	0,65	0,14	0,02	0,00	2,30
A12	1,12	0,38	0,09	0,01	0,00	1,59
A13	0,99	0,27	0,06	0,00	0,00	1,32
A14	1,12	0,28	0,06	0,00	0,00	1,46
A15	0,99	0,30	0,06	0,00	0,00	1,36
A16	1,20	0,35	0,09	0,01	0,00	1,65
A17	1,67	0,52	0,16	0,02	0,00	2,37
A18	2,11	0,94	0,26	0,03	0,00	3,34
A19	2,08	0,72	0,23	0,03	0,00	3,06
A20	1,82	0,76	0,24	0,02	0,00	2,85
A21	1,75	0,82	0,23	0,02	0,00	2,83
A22	2,12	0,82	0,20	0,02	0,00	3,16
A23	1,80	0,77	0,18	0,02	0,00	2,76
A24	1,43	0,54	0,15	0,01	0,00	2,13
A25	1,62	0,70	0,14	0,02	0,00	2,48
A26	4,80	2,16	0,56	0,08	0,00	7,60
A27	1,57	0,72	0,15	0,02	0,00	2,46
A28	1,41	0,52	0,15	0,01	0,00	2,09
A29	1,32	0,47	0,13	0,01	0,00	1,92
A30	1,30	0,40	0,10	0,01	0,00	1,82
A31	0,96	0,33	0,09	0,01	0,00	1,39
A32	0,88	0,27	0,07	0,01	0,00	1,22
A33	1,00	0,24	0,06	0,01	0,00	1,30
A34	0,87	0,35	0,06	0,01	0,00	1,28
TOTAL	65,20	26,39	7,28	1,09	0,04	

MÉDIA DAS SEQUÊNCIAS DA CLASSE D

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,13	2,41	0,84	0,20	0,01	9,58
Planar	11,30	4,08	1,18	0,21	0,01	16,78
A2	1,23	0,36	0,06	0,01	0,00	1,66
A3	1,07	0,21	0,04	0,01	0,00	1,33
A4	1,00	0,23	0,05	0,01	0,00	1,28
A5	1,13	0,28	0,06	0,01	0,00	1,48
A6	1,59	0,33	0,06	0,01	0,00	1,99
A7	1,38	0,30	0,05	0,00	0,00	1,73
A8	1,33	0,32	0,08	0,01	0,00	1,74
A9	1,33	0,43	0,12	0,04	0,00	1,92
A10	2,67	0,72	0,17	0,02	0,00	3,58
A11	2,05	0,82	0,34	0,04	0,00	3,25
A12	1,65	0,56	0,19	0,02	0,00	2,42
A13	1,39	0,33	0,09	0,00	0,00	1,82
A14	1,54	0,32	0,06	0,00	0,00	1,92
A15	1,24	0,26	0,04	0,00	0,00	1,54
A16	1,28	0,22	0,03	0,00	0,00	1,54
A17	1,49	0,23	0,03	0,00	0,00	1,75
A18	1,32	0,41	0,04	0,00	0,00	1,77
A19	1,70	0,31	0,05	0,00	0,00	2,06
A20	1,49	0,34	0,05	0,00	0,00	1,88
A21	1,50	0,41	0,06	0,00	0,00	1,97
A22	2,07	0,49	0,07	0,00	0,00	2,64
A23	2,04	0,54	0,09	0,00	0,00	2,67
A24	2,27	0,65	0,14	0,01	0,00	3,05
A25	2,13	0,68	0,09	0,01	0,00	2,91
A26	4,70	1,58	0,36	0,08	0,00	6,72
A27	2,01	0,65	0,09	0,01	0,00	2,76
A28	2,03	0,55	0,11	0,00	0,00	2,69
A29	1,82	0,48	0,09	0,00	0,00	2,39
A30	1,88	0,43	0,07	0,00	0,00	2,39
A31	1,33	0,36	0,06	0,00	0,00	1,75
A32	1,23	0,29	0,05	0,00	0,00	1,57
A33	1,41	0,26	0,04	0,00	0,00	1,72
A34	1,25	0,35	0,05	0,00	0,00	1,65
TOTAL	72,98	21,20	5,00	0,71	0,02	



MÉDIA DAS SEQUÊNCIAS DA CLASSE E

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,87	2,67	1,51	0,84	0,11	9,00
Planar	8,91	5,64	3,20	0,83	0,13	18,70
A2	0,41	0,35	0,16	0,07	0,03	1,02
A3	0,34	0,21	0,10	0,03	0,02	0,70
A4	0,45	0,44	0,18	0,03	0,01	1,11
A5	0,52	0,56	0,26	0,04	0,01	1,40
A6	0,59	0,34	0,17	0,03	0,01	1,13
A7	0,60	0,33	0,18	0,04	0,00	1,16
A8	0,73	0,51	0,29	0,07	0,00	1,61
A9	0,91	0,71	0,26	0,04	0,00	1,91
A10	2,82	1,51	0,59	0,21	0,02	5,15
A11	0,96	0,74	0,26	0,04	0,00	2,01
A12	0,87	0,54	0,25	0,04	0,00	1,69
A13	0,71	0,38	0,16	0,02	0,00	1,27
A14	0,62	0,32	0,14	0,02	0,00	1,10
A15	0,86	0,60	0,24	0,03	0,00	1,73
A16	0,75	0,49	0,22	0,04	0,00	1,51
A17	0,67	0,28	0,13	0,02	0,00	1,10
A18	0,50	0,50	0,13	0,02	0,00	1,15
A19	0,83	0,33	0,14	0,02	0,00	1,33
A20	0,75	0,37	0,14	0,03	0,00	1,30
A21	0,92	0,51	0,21	0,04	0,00	1,67
A22	1,52	0,64	0,26	0,05	0,01	2,48
A23	1,89	0,89	0,42	0,10	0,02	3,33
A24	1,98	1,15	0,52	0,10	0,04	3,79
A25	2,40	1,52	0,73	0,19	0,03	4,87
A26	6,13	2,93	1,37	0,43	0,14	11,00
A27	2,05	1,25	0,48	0,14	0,02	3,93
A28	1,42	0,82	0,45	0,10	0,02	2,80
A29	1,33	0,71	0,31	0,09	0,02	2,46
A30	1,17	0,60	0,25	0,05	0,02	2,09
A31	0,65	0,43	0,17	0,05	0,02	1,32
A32	0,49	0,27	0,13	0,04	0,02	0,96
A33	0,63	0,27	0,12	0,04	0,02	1,08
A34	0,51	0,41	0,14	0,05	0,02	1,13
TOTAL	50,76	30,21	14,31	3,97	0,75	

MÉDIA DAS SEQUÊNCIAS DA CLASSE F

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,73	1,57	0,61	0,27	0,04	6,22
Planar	7,60	2,84	1,15	0,28	0,17	12,04
A2	2,92	0,67	0,12	0,02	0,00	3,73
A3	1,06	0,15	0,04	0,01	0,00	1,26
A4	1,00	0,18	0,05	0,01	0,00	1,25
A5	1,06	0,22	0,06	0,01	0,00	1,35
A6	1,32	0,43	0,13	0,03	0,00	1,91
A7	1,31	0,39	0,11	0,02	0,00	1,83
A8	1,23	0,31	0,11	0,02	0,00	1,67
A9	1,87	0,53	0,14	0,03	0,00	2,57
A10	7,44	2,46	0,67	0,21	0,03	10,82
A11	1,55	0,39	0,11	0,03	0,00	2,08
A12	0,99	0,23	0,09	0,01	0,00	1,33
A13	1,14	0,20	0,06	0,01	0,00	1,41
A14	1,15	0,18	0,05	0,01	0,00	1,39
A15	1,07	0,18	0,05	0,01	0,00	1,31
A16	1,19	0,22	0,07	0,01	0,00	1,49
A17	1,47	0,37	0,12	0,02	0,00	1,98
A18	2,67	0,63	0,19	0,03	0,00	3,51
A19	1,68	0,49	0,17	0,03	0,00	2,37
A20	1,56	0,46	0,16	0,02	0,00	2,20
A21	1,58	0,47	0,14	0,02	0,00	2,20
A22	1,90	0,49	0,11	0,01	0,00	2,51
A23	1,81	0,45	0,10	0,01	0,00	2,37
A24	1,49	0,32	0,08	0,01	0,00	1,90
A25	1,77	0,37	0,09	0,01	0,00	2,25
A26	9,51	2,12	0,86	0,29	0,26	13,03
A27	1,88	0,34	0,07	0,01	0,00	2,31
A28	1,26	0,22	0,05	0,01	0,00	1,54
A29	1,31	0,22	0,05	0,01	0,00	1,60
A30	1,04	0,19	0,05	0,01	0,00	1,29
A31	0,97	0,15	0,04	0,01	0,00	1,17
A32	0,74	0,12	0,03	0,01	0,00	0,90
A33	0,94	0,15	0,04	0,01	0,00	1,15
A34	1,71	0,27	0,07	0,02	0,00	2,07
TOTAL	72,91	19,00	6,05	1,50	0,54	

### A.3 Class A: Traffic

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,17	2,76	1,36	0,44	0,02	9,75
Planar	11,99	4,63	1,43	0,21	0,00	18,26
A2	0,69	0,46	0,11	0,02	0,00	1,28
A3	0,93	0,35	0,19	0,03	0,00	1,49
A4	1,18	0,53	0,27	0,03	0,00	2,01
A5	1,42	0,66	0,27	0,03	0,00	2,37
A6	2,35	0,93	0,36	0,04	0,00	3,67
A7	2,51	1,02	0,34	0,02	0,00	3,88
A8	2,45	0,94	0,31	0,02	0,00	3,72
A9	2,99	1,36	0,28	0,04	0,00	4,66
A10	7,16	2,70	0,54	0,04	0,00	10,44
A11	3,71	2,04	0,46	0,03	0,00	6,23
A12	1,67	0,62	0,14	0,00	0,00	2,43
A13	0,94	0,26	0,05	0,00	0,00	1,24
A14	0,70	0,17	0,03	0,00	0,00	0,90
A15	0,61	0,17	0,03	0,00	0,00	0,81
A16	0,55	0,12	0,02	0,00	0,00	0,69
A17	0,60	0,08	0,01	0,00	0,00	0,69
A18	0,33	0,22	0,01	0,00	0,00	0,56
A19	0,59	0,09	0,01	0,00	0,00	0,69
A20	0,54	0,09	0,01	0,00	0,00	0,64
A21	0,51	0,11	0,01	0,00	0,00	0,64
A22	0,66	0,11	0,01	0,00	0,00	0,78
A23	0,82	0,16	0,02	0,00	0,00	1,01
A24	0,86	0,22	0,04	0,00	0,00	1,11
A25	1,26	0,40	0,04	0,01	0,00	1,71
A26	6,28	1,79	0,33	0,03	0,00	8,43
A27	1,46	0,53	0,07	0,01	0,00	2,07
A28	1,01	0,29	0,06	0,01	0,00	1,36
A29	0,88	0,23	0,05	0,00	0,00	1,16
A30	0,77	0,17	0,04	0,00	0,00	0,99
A31	0,58	0,20	0,05	0,01	0,00	0,83
A32	0,60	0,22	0,07	0,01	0,00	0,89
A33	0,82	0,32	0,12	0,02	0,00	1,28
A34	0,74	0,48	0,11	0,01	0,00	1,34
TOTAL	66,27	25,40	7,25	1,07	0,02	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,67	3,10	1,64	0,59	0,04	10,03
Planar	11,45	6,01	2,35	0,46	0,01	20,28
A2	0,57	0,48	0,16	0,03	0,00	1,24
A3	0,71	0,40	0,26	0,06	0,00	1,43
A4	0,94	0,62	0,36	0,06	0,00	1,98
A5	1,20	0,80	0,38	0,06	0,00	2,44
A6	1,94	1,16	0,50	0,07	0,00	3,67
A7	1,92	1,20	0,52	0,04	0,00	3,67
A8	1,98	1,13	0,45	0,04	0,00	3,60
A9	2,44	1,59	0,46	0,06	0,00	4,54
A10	5,76	3,01	0,81	0,08	0,00	9,66
A11	3,24	2,47	0,76	0,07	0,00	6,54
A12	1,40	0,75	0,22	0,01	0,00	2,38
A13	0,73	0,29	0,07	0,00	0,00	1,09
A14	0,56	0,20	0,04	0,00	0,00	0,79
A15	0,47	0,22	0,05	0,00	0,00	0,74
A16	0,43	0,16	0,03	0,00	0,00	0,63
A17	0,45	0,10	0,02	0,00	0,00	0,57
A18	0,30	0,22	0,02	0,00	0,00	0,54
A19	0,49	0,11	0,02	0,00	0,00	0,63
A20	0,44	0,11	0,02	0,00	0,00	0,57
A21	0,43	0,13	0,02	0,00	0,00	0,57
A22	0,56	0,13	0,02	0,00	0,00	0,71
A23	0,66	0,18	0,03	0,00	0,00	0,87
A24	0,71	0,24	0,05	0,00	0,00	1,00
A25	1,11	0,46	0,07	0,01	0,00	1,65
A26	5,79	2,30	0,55	0,05	0,00	8,69
A27	1,30	0,65	0,13	0,01	0,00	2,08
A28	0,85	0,33	0,08	0,01	0,00	1,26
A29	0,71	0,25	0,06	0,01	0,00	1,02
A30	0,63	0,20	0,06	0,01	0,00	0,89
A31	0,47	0,23	0,06	0,01	0,00	0,77
A32	0,50	0,25	0,08	0,02	0,00	0,85
A33	0,70	0,37	0,15	0,03	0,00	1,25
A34	0,67	0,52	0,16	0,03	0,00	1,38
TOTAL	57,13	30,34	10,65	1,83	0,06	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,84	3,73	2,14	0,74	0,05	10,51
Planar	9,92	7,80	3,64	0,82	0,04	22,21
A2	0,45	0,52	0,23	0,06	0,01	1,26
A3	0,53	0,48	0,35	0,09	0,01	1,45
A4	0,69	0,73	0,46	0,12	0,01	1,99
A5	0,92	0,96	0,53	0,11	0,00	2,52
A6	1,38	1,37	0,71	0,12	0,00	3,58
A7	1,35	1,42	0,74	0,08	0,00	3,57
A8	1,45	1,38	0,66	0,07	0,00	3,57
A9	1,76	1,81	0,69	0,11	0,00	4,38
A10	3,96	3,25	1,16	0,13	0,00	8,51
A11	2,37	2,77	1,05	0,14	0,00	6,34
A12	1,06	0,89	0,33	0,02	0,00	2,29
A13	0,55	0,36	0,11	0,01	0,00	1,02
A14	0,43	0,24	0,07	0,01	0,00	0,74
A15	0,35	0,27	0,08	0,01	0,00	0,72
A16	0,33	0,22	0,06	0,00	0,00	0,62
A17	0,38	0,14	0,04	0,00	0,00	0,55
A18	0,29	0,28	0,03	0,00	0,00	0,61
A19	0,41	0,16	0,04	0,00	0,00	0,62
A20	0,36	0,16	0,04	0,00	0,00	0,55
A21	0,36	0,17	0,04	0,00	0,00	0,57
A22	0,48	0,18	0,04	0,00	0,00	0,71
A23	0,53	0,23	0,05	0,00	0,00	0,82
A24	0,56	0,30	0,08	0,01	0,00	0,95
A25	0,88	0,60	0,11	0,02	0,00	1,61
A26	4,69	2,83	0,85	0,12	0,00	8,48
A27	1,01	0,80	0,22	0,02	0,00	2,05
A28	0,68	0,42	0,12	0,01	0,00	1,23
A29	0,55	0,31	0,09	0,01	0,00	0,96
A30	0,48	0,25	0,08	0,01	0,00	0,83
A31	0,37	0,28	0,09	0,01	0,00	0,75
A32	0,39	0,30	0,11	0,02	0,00	0,82
A33	0,53	0,43	0,19	0,04	0,00	1,20
A34	0,55	0,62	0,22	0,06	0,01	1,44
TOTAL	44,82	36,65	15,45	2,95	0,14	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,63	4,54	3,14	1,12	0,11	11,54
Planar	6,97	9,73	5,74	1,55	0,11	24,11
A2	0,29	0,63	0,35	0,10	0,01	1,38
A3	0,29	0,55	0,47	0,14	0,02	1,47
A4	0,41	0,83	0,66	0,20	0,02	2,11
A5	0,52	1,02	0,75	0,19	0,01	2,49
A6	0,68	1,41	0,98	0,23	0,01	3,31
A7	0,72	1,56	1,07	0,18	0,00	3,53
A8	0,82	1,53	1,00	0,16	0,01	3,51
A9	0,94	1,88	1,04	0,23	0,01	4,09
A10	2,17	3,18	1,66	0,27	0,01	7,28
A11	1,34	2,74	1,42	0,27	0,01	5,78
A12	0,61	0,99	0,54	0,04	0,00	2,18
A13	0,31	0,45	0,18	0,02	0,00	0,96
A14	0,25	0,32	0,11	0,01	0,00	0,70
A15	0,21	0,30	0,15	0,02	0,00	0,68
A16	0,20	0,26	0,12	0,01	0,00	0,59
A17	0,24	0,20	0,08	0,01	0,00	0,53
A18	0,21	0,37	0,07	0,01	0,00	0,65
A19	0,30	0,23	0,10	0,01	0,00	0,63
A20	0,25	0,23	0,07	0,01	0,00	0,55
A21	0,26	0,24	0,07	0,01	0,00	0,58
A22	0,34	0,26	0,08	0,01	0,00	0,68
A23	0,37	0,31	0,10	0,01	0,00	0,79
A24	0,39	0,40	0,12	0,01	0,00	0,93
A25	0,59	0,76	0,19	0,04	0,00	1,58
A26	3,17	3,46	1,40	0,25	0,01	8,29
A27	0,62	0,98	0,35	0,05	0,00	2,00
A28	0,46	0,57	0,19	0,02	0,00	1,24
A29	0,35	0,41	0,14	0,02	0,00	0,91
A30	0,29	0,32	0,13	0,02	0,00	0,76
A31	0,22	0,32	0,13	0,02	0,00	0,69
A32	0,23	0,34	0,18	0,04	0,01	0,79
A33	0,33	0,46	0,28	0,07	0,01	1,15
A34	0,38	0,73	0,35	0,10	0,01	1,57
TOTAL	28,32	42,51	23,41	5,41	0,35	

## A.4 Class A: PeopleOnStreet

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,55	3,32	1,75	0,46	0,03	12,10
Planar	12,94	4,50	1,42	0,18	0,00	19,03
A2	1,24	0,55	0,09	0,01	0,00	1,90
A3	1,11	0,30	0,11	0,01	0,00	1,53
A4	1,10	0,43	0,18	0,01	0,00	1,72
A5	1,44	0,65	0,31	0,02	0,00	2,41
A6	2,12	0,91	0,41	0,03	0,00	3,47
A7	1,77	0,70	0,28	0,02	0,00	2,76
A8	1,61	0,53	0,19	0,01	0,00	2,35
A9	2,16	1,06	0,27	0,07	0,00	3,56
A10	3,81	1,06	0,21	0,01	0,00	5,09
A11	1,00	0,33	0,04	0,00	0,00	1,36
A12	0,86	0,23	0,06	0,00	0,00	1,15
A13	1,07	0,22	0,04	0,00	0,00	1,33
A14	1,27	0,30	0,07	0,00	0,00	1,63
A15	0,90	0,16	0,03	0,00	0,00	1,09
A16	0,71	0,12	0,02	0,00	0,00	0,85
A17	0,87	0,09	0,01	0,00	0,00	0,98
A18	0,51	0,28	0,02	0,00	0,00	0,81
A19	0,90	0,11	0,02	0,00	0,00	1,02
A20	0,83	0,14	0,02	0,00	0,00	0,99
A21	1,02	0,21	0,03	0,00	0,00	1,27
A22	1,38	0,30	0,05	0,00	0,00	1,73
A23	2,14	0,53	0,10	0,00	0,00	2,77
A24	2,23	0,74	0,17	0,01	0,00	3,15
A25	1,87	0,73	0,11	0,01	0,00	2,72
A26	6,19	1,36	0,16	0,01	0,00	7,71
A27	1,60	0,66	0,08	0,01	0,00	2,36
A28	1,66	0,57	0,17	0,01	0,00	2,41
A29	1,47	0,45	0,12	0,01	0,00	2,05
A30	1,23	0,33	0,08	0,00	0,00	1,64
A31	0,89	0,26	0,07	0,00	0,00	1,22
A32	0,73	0,20	0,05	0,00	0,00	0,99
A33	1,04	0,21	0,05	0,01	0,00	1,30
A34	1,08	0,44	0,05	0,01	0,00	1,58
TOTAL	69,28	22,95	6,80	0,93	0,03	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,64	3,94	1,89	0,43	0,04	11,93
Planar	12,28	6,02	1,82	0,23	0,01	20,36
A2	0,85	0,59	0,13	0,01	0,00	1,58
A3	0,83	0,36	0,14	0,01	0,00	1,34
A4	0,89	0,57	0,23	0,02	0,00	1,71
A5	1,22	0,93	0,41	0,03	0,00	2,59
A6	1,88	1,26	0,53	0,04	0,00	3,71
A7	1,39	0,92	0,34	0,02	0,00	2,67
A8	1,32	0,67	0,22	0,01	0,00	2,22
A9	1,90	1,45	0,46	0,08	0,00	3,88
A10	3,01	1,36	0,32	0,02	0,00	4,71
A11	0,83	0,38	0,05	0,00	0,00	1,26
A12	0,71	0,27	0,07	0,00	0,00	1,05
A13	0,86	0,28	0,06	0,00	0,00	1,20
A14	1,12	0,46	0,13	0,01	0,00	1,71
A15	0,73	0,24	0,05	0,00	0,00	1,03
A16	0,60	0,17	0,03	0,00	0,00	0,79
A17	0,75	0,15	0,03	0,00	0,00	0,93
A18	0,44	0,33	0,03	0,00	0,00	0,80
A19	0,79	0,16	0,03	0,00	0,00	0,98
A20	0,74	0,21	0,04	0,00	0,00	0,99
A21	0,89	0,30	0,05	0,00	0,00	1,25
A22	1,32	0,42	0,08	0,00	0,00	1,82
A23	1,87	0,71	0,15	0,00	0,00	2,73
A24	1,98	0,92	0,22	0,01	0,00	3,13
A25	1,66	0,88	0,14	0,01	0,00	2,69
A26	5,66	1,92	0,26	0,01	0,00	7,85
A27	1,40	0,77	0,11	0,01	0,00	2,30
A28	1,48	0,69	0,21	0,01	0,00	2,39
A29	1,28	0,56	0,15	0,01	0,00	1,99
A30	1,11	0,43	0,11	0,01	0,00	1,65
A31	0,72	0,32	0,08	0,01	0,00	1,13
A32	0,61	0,26	0,07	0,01	0,00	0,94
A33	0,85	0,27	0,07	0,01	0,00	1,20
A34	0,91	0,53	0,08	0,01	0,00	1,52
TOTAL	60,52	29,66	8,75	1,02	0,05	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,33	4,46	2,03	0,39	0,04	11,25
Planar	10,57	7,69	2,40	0,29	0,02	20,96
A2	0,63	0,67	0,19	0,01	0,00	1,50
A3	0,63	0,48	0,18	0,01	0,00	1,30
A4	0,73	0,79	0,31	0,03	0,00	1,86
A5	1,10	1,34	0,54	0,04	0,00	3,03
A6	1,55	1,69	0,69	0,05	0,00	3,98
A7	1,07	1,18	0,43	0,03	0,00	2,71
A8	1,02	0,84	0,28	0,02	0,00	2,15
A9	1,44	1,76	0,71	0,11	0,00	4,02
A10	2,13	1,58	0,49	0,03	0,00	4,23
A11	0,62	0,44	0,07	0,01	0,00	1,14
A12	0,56	0,32	0,09	0,00	0,00	0,97
A13	0,65	0,35	0,09	0,01	0,00	1,10
A14	0,93	0,65	0,22	0,02	0,00	1,81
A15	0,62	0,32	0,08	0,01	0,00	1,02
A16	0,52	0,22	0,05	0,00	0,00	0,80
A17	0,63	0,20	0,05	0,00	0,00	0,88
A18	0,39	0,39	0,04	0,00	0,00	0,83
A19	0,66	0,22	0,05	0,00	0,00	0,94
A20	0,67	0,29	0,06	0,00	0,00	1,02
A21	0,79	0,40	0,09	0,00	0,00	1,28
A22	1,21	0,59	0,12	0,01	0,00	1,93
A23	1,55	0,95	0,23	0,01	0,00	2,74
A24	1,68	1,14	0,30	0,01	0,00	3,13
A25	1,38	1,02	0,19	0,01	0,00	2,61
A26	4,73	2,53	0,47	0,03	0,00	7,77
A27	1,16	0,91	0,15	0,02	0,00	2,23
A28	1,25	0,84	0,25	0,02	0,00	2,36
A29	1,09	0,71	0,18	0,01	0,00	1,99
A30	0,96	0,54	0,13	0,01	0,00	1,64
A31	0,63	0,40	0,10	0,01	0,00	1,14
A32	0,52	0,33	0,10	0,01	0,00	0,95
A33	0,70	0,35	0,10	0,01	0,00	1,15
A34	0,77	0,69	0,13	0,01	0,00	1,60
TOTAL	49,86	37,27	11,57	1,23	0,07	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,11	4,72	2,29	0,46	0,05	10,63
Planar	8,15	9,01	3,35	0,48	0,04	21,04
A2	0,49	0,81	0,29	0,03	0,00	1,62
A3	0,45	0,62	0,28	0,03	0,00	1,38
A4	0,56	1,02	0,49	0,05	0,00	2,12
A5	0,85	1,69	0,86	0,08	0,00	3,48
A6	1,11	2,03	0,99	0,10	0,00	4,23
A7	0,76	1,43	0,61	0,05	0,00	2,85
A8	0,66	1,01	0,41	0,03	0,00	2,12
A9	0,93	1,87	1,05	0,20	0,01	4,05
A10	1,31	1,67	0,75	0,09	0,00	3,82
A11	0,41	0,50	0,11	0,01	0,00	1,04
A12	0,39	0,38	0,12	0,01	0,00	0,89
A13	0,47	0,45	0,14	0,01	0,00	1,07
A14	0,66	0,83	0,35	0,04	0,00	1,88
A15	0,46	0,41	0,10	0,01	0,00	0,98
A16	0,40	0,28	0,07	0,01	0,00	0,76
A17	0,49	0,27	0,07	0,01	0,00	0,83
A18	0,35	0,45	0,07	0,01	0,00	0,88
A19	0,52	0,29	0,08	0,01	0,00	0,90
A20	0,54	0,38	0,10	0,01	0,00	1,03
A21	0,66	0,53	0,13	0,01	0,00	1,33
A22	0,94	0,76	0,20	0,01	0,00	1,91
A23	1,15	1,19	0,37	0,02	0,00	2,74
A24	1,26	1,41	0,45	0,03	0,00	3,15
A25	1,01	1,23	0,28	0,03	0,00	2,55
A26	3,58	3,09	0,78	0,09	0,01	7,55
A27	0,83	1,05	0,22	0,03	0,00	2,13
A28	0,94	1,04	0,34	0,02	0,00	2,35
A29	0,83	0,90	0,26	0,02	0,00	2,01
A30	0,73	0,69	0,19	0,01	0,00	1,62
A31	0,50	0,50	0,14	0,01	0,00	1,16
A32	0,42	0,41	0,13	0,01	0,00	0,97
A33	0,55	0,44	0,14	0,01	0,00	1,13
A34	0,66	0,90	0,22	0,02	0,00	1,80
TOTAL	37,11	44,25	16,45	2,05	0,13	

## A.5 Class A: Nebuta

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,74	3,54	3,97	8,43	0,94	19,61
Planar	4,90	3,85	3,43	5,57	0,13	17,87
A2	0,44	0,56	0,13	0,05	0,00	1,17
A3	0,82	0,31	0,27	0,08	0,00	1,47
A4	0,70	0,40	0,30	0,11	0,00	1,51
A5	0,88	0,52	0,37	0,14	0,00	1,91
A6	1,50	0,75	0,43	0,16	0,00	2,83
A7	1,61	0,84	0,51	0,25	0,00	3,21
A8	1,41	0,86	0,49	0,30	0,00	3,06
A9	1,17	0,74	0,18	0,37	0,00	2,47
A10	2,68	0,85	0,20	0,14	0,00	3,87
A11	0,96	0,65	0,20	0,32	0,00	2,13
A12	1,28	0,80	0,36	0,12	0,00	2,55
A13	1,68	0,67	0,19	0,03	0,00	2,56
A14	1,55	0,54	0,17	0,01	0,00	2,27
A15	1,16	0,44	0,13	0,01	0,00	1,74
A16	0,81	0,27	0,11	0,01	0,00	1,20
A17	1,59	0,27	0,10	0,01	0,00	1,97
A18	0,83	1,02	0,14	0,01	0,00	2,00
A19	1,19	0,20	0,10	0,01	0,00	1,50
A20	0,66	0,19	0,09	0,01	0,00	0,95
A21	0,77	0,31	0,10	0,01	0,00	1,20
A22	0,85	0,31	0,11	0,01	0,00	1,28
A23	0,90	0,41	0,15	0,02	0,00	1,47
A24	0,63	0,54	0,27	0,04	0,00	1,47
A25	0,46	0,44	0,12	0,13	0,00	1,15
A26	2,22	0,81	0,18	0,09	0,00	3,29
A27	0,49	0,46	0,11	0,17	0,00	1,22
A28	0,68	0,53	0,33	0,16	0,00	1,70
A29	0,90	0,53	0,35	0,12	0,00	1,89
A30	0,99	0,45	0,29	0,08	0,00	1,81
A31	0,63	0,39	0,25	0,06	0,00	1,33
A32	0,54	0,34	0,23	0,06	0,00	1,16
A33	0,84	0,35	0,23	0,05	0,00	1,46
A34	0,74	0,82	0,14	0,03	0,00	1,73
TOTAL	42,17	24,92	14,69	17,15	1,07	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,58	3,74	4,92	8,53	0,77	20,53
Planar	4,65	4,21	3,93	6,98	0,19	19,96
A2	0,36	0,51	0,15	0,06	0,00	1,08
A3	0,64	0,31	0,29	0,10	0,00	1,35
A4	0,52	0,38	0,36	0,16	0,00	1,42
A5	0,62	0,49	0,45	0,21	0,00	1,76
A6	1,14	0,71	0,53	0,25	0,00	2,63
A7	1,20	0,83	0,59	0,31	0,00	2,93
A8	1,06	0,87	0,58	0,34	0,00	2,86
A9	0,89	0,72	0,22	0,42	0,00	2,25
A10	1,94	0,80	0,23	0,12	0,00	3,09
A11	0,77	0,66	0,23	0,37	0,00	2,03
A12	1,08	0,84	0,45	0,18	0,00	2,55
A13	1,38	0,71	0,29	0,06	0,00	2,43
A14	1,29	0,61	0,28	0,04	0,00	2,21
A15	0,94	0,52	0,25	0,03	0,00	1,74
A16	0,73	0,32	0,19	0,02	0,00	1,27
A17	1,41	0,30	0,17	0,02	0,00	1,90
A18	0,72	0,98	0,16	0,02	0,00	1,87
A19	1,05	0,24	0,16	0,02	0,00	1,48
A20	0,61	0,25	0,17	0,02	0,00	1,05
A21	0,64	0,38	0,20	0,02	0,00	1,24
A22	0,72	0,35	0,20	0,02	0,00	1,30
A23	0,77	0,45	0,23	0,03	0,00	1,47
A24	0,55	0,56	0,33	0,06	0,00	1,50
A25	0,38	0,44	0,14	0,13	0,00	1,09
A26	1,98	0,87	0,24	0,09	0,00	3,18
A27	0,41	0,46	0,13	0,17	0,00	1,17
A28	0,58	0,55	0,39	0,17	0,00	1,68
A29	0,75	0,54	0,42	0,14	0,00	1,84
A30	0,82	0,48	0,37	0,12	0,00	1,79
A31	0,49	0,40	0,32	0,09	0,00	1,29
A32	0,45	0,36	0,28	0,08	0,00	1,17
A33	0,68	0,36	0,27	0,07	0,00	1,38
A34	0,61	0,75	0,15	0,03	0,00	1,54
TOTAL	35,38	25,94	18,23	19,48	0,97	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,88	3,97	6,04	7,16	0,69	20,74
Planar	5,15	4,70	4,64	5,78	0,17	20,44
A2	0,29	0,49	0,21	0,06	0,00	1,05
A3	0,44	0,32	0,35	0,11	0,00	1,22
A4	0,37	0,42	0,43	0,16	0,00	1,38
A5	0,43	0,53	0,54	0,21	0,00	1,71
A6	0,80	0,72	0,64	0,25	0,00	2,42
A7	0,83	0,81	0,68	0,27	0,00	2,60
A8	0,78	0,87	0,67	0,30	0,00	2,61
A9	0,66	0,70	0,27	0,36	0,00	1,99
A10	1,41	0,81	0,29	0,10	0,00	2,60
A11	0,65	0,68	0,27	0,34	0,00	1,94
A12	0,91	0,87	0,59	0,23	0,00	2,60
A13	1,07	0,78	0,43	0,10	0,00	2,39
A14	1,07	0,70	0,43	0,06	0,00	2,27
A15	0,86	0,65	0,37	0,04	0,00	1,92
A16	0,75	0,45	0,31	0,03	0,00	1,54
A17	1,15	0,37	0,27	0,03	0,00	1,81
A18	0,63	1,00	0,21	0,02	0,00	1,85
A19	0,95	0,32	0,26	0,03	0,00	1,56
A20	0,63	0,37	0,28	0,03	0,00	1,31
A21	0,61	0,49	0,31	0,03	0,00	1,44
A22	0,66	0,45	0,31	0,04	0,00	1,46
A23	0,66	0,52	0,32	0,04	0,00	1,54
A24	0,51	0,56	0,39	0,07	0,00	1,53
A25	0,35	0,44	0,15	0,11	0,00	1,06
A26	1,91	0,99	0,29	0,08	0,00	3,26
A27	0,35	0,45	0,14	0,14	0,00	1,09
A28	0,49	0,55	0,43	0,14	0,00	1,62
A29	0,59	0,60	0,46	0,11	0,00	1,77
A30	0,67	0,56	0,44	0,10	0,00	1,77
A31	0,44	0,49	0,37	0,09	0,00	1,38
A32	0,43	0,44	0,33	0,08	0,00	1,29
A33	0,59	0,41	0,32	0,07	0,00	1,39
A34	0,49	0,74	0,21	0,03	0,00	1,48
TOTAL	31,46	28,21	22,64	16,82	0,87	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,40	5,52	6,77	4,24	0,43	19,35
Planar	4,68	7,20	5,42	2,83	0,07	20,19
A2	0,24	0,55	0,29	0,06	0,00	1,14
A3	0,31	0,40	0,41	0,09	0,00	1,20
A4	0,28	0,50	0,50	0,11	0,00	1,39
A5	0,35	0,61	0,59	0,15	0,00	1,71
A6	0,59	0,87	0,71	0,18	0,00	2,35
A7	0,55	0,96	0,73	0,18	0,00	2,42
A8	0,53	0,98	0,72	0,19	0,00	2,42
A9	0,43	0,79	0,34	0,23	0,00	1,79
A10	0,94	0,98	0,37	0,07	0,00	2,37
A11	0,47	0,82	0,33	0,24	0,00	1,85
A12	0,68	1,06	0,76	0,19	0,00	2,69
A13	0,76	1,03	0,65	0,12	0,00	2,56
A14	0,83	0,96	0,56	0,07	0,00	2,42
A15	0,70	0,83	0,47	0,04	0,00	2,04
A16	0,62	0,66	0,41	0,03	0,00	1,72
A17	0,82	0,56	0,36	0,02	0,00	1,76
A18	0,52	1,13	0,26	0,02	0,00	1,93
A19	0,72	0,52	0,35	0,03	0,00	1,61
A20	0,53	0,58	0,37	0,03	0,00	1,52
A21	0,54	0,67	0,40	0,04	0,00	1,65
A22	0,57	0,68	0,41	0,04	0,00	1,70
A23	0,50	0,68	0,41	0,05	0,00	1,63
A24	0,41	0,66	0,45	0,05	0,00	1,58
A25	0,28	0,52	0,19	0,08	0,00	1,07
A26	1,58	1,71	0,55	0,07	0,00	3,90
A27	0,27	0,52	0,19	0,09	0,00	1,07
A28	0,39	0,65	0,48	0,09	0,00	1,60
A29	0,43	0,74	0,50	0,08	0,00	1,75
A30	0,52	0,72	0,48	0,07	0,00	1,79
A31	0,38	0,59	0,42	0,06	0,00	1,45
A32	0,37	0,54	0,39	0,06	0,00	1,35
A33	0,47	0,52	0,39	0,06	0,00	1,44
A34	0,43	0,83	0,32	0,04	0,00	1,62
TOTAL	25,08	37,51	26,93	9,98	0,51	

## A.6 Class A: SteamLocomotive

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,15	7,54	8,48	6,93	0,91	28,01
Planar	6,77	9,74	7,20	3,37	0,08	27,16
A2	0,15	0,35	0,30	0,13	0,00	0,93
A3	0,11	0,18	0,18	0,09	0,00	0,57
A4	0,10	0,20	0,20	0,08	0,00	0,58
A5	0,11	0,23	0,22	0,08	0,00	0,64
A6	0,17	0,30	0,25	0,07	0,00	0,79
A7	0,27	0,46	0,39	0,10	0,00	1,22
A8	0,44	0,79	0,91	0,26	0,00	2,40
A9	0,56	1,25	0,80	0,46	0,01	3,07
A10	1,04	1,50	1,04	0,43	0,01	4,01
A11	0,53	1,10	0,57	0,31	0,00	2,51
A12	0,50	0,75	0,65	0,12	0,00	2,02
A13	0,41	0,51	0,36	0,07	0,00	1,35
A14	0,36	0,37	0,26	0,06	0,00	1,04
A15	0,27	0,31	0,20	0,05	0,00	0,83
A16	0,25	0,27	0,17	0,04	0,00	0,73
A17	0,34	0,22	0,15	0,04	0,00	0,74
A18	0,22	0,49	0,15	0,04	0,00	0,90
A19	0,28	0,21	0,14	0,04	0,00	0,67
A20	0,22	0,24	0,14	0,04	0,00	0,64
A21	0,19	0,26	0,17	0,04	0,00	0,65
A22	0,20	0,28	0,19	0,04	0,00	0,71
A23	0,23	0,37	0,26	0,05	0,00	0,91
A24	0,23	0,48	0,45	0,08	0,00	1,24
A25	0,28	0,66	0,46	0,17	0,00	1,57
A26	2,55	3,24	1,80	0,43	0,01	8,02
A27	0,17	0,41	0,29	0,12	0,00	1,00
A28	0,15	0,35	0,36	0,09	0,00	0,95
A29	0,15	0,33	0,30	0,08	0,00	0,86
A30	0,14	0,27	0,25	0,07	0,00	0,72
A31	0,11	0,24	0,24	0,07	0,00	0,66
A32	0,10	0,21	0,20	0,08	0,00	0,59
A33	0,12	0,20	0,19	0,09	0,00	0,59
A34	0,12	0,31	0,23	0,09	0,00	0,75
TOTAL	21,96	34,59	28,12	14,30	1,03	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,50	4,69	5,19	5,90	1,16	19,44
Planar	4,82	8,21	8,43	4,93	0,50	26,89
A2	0,11	0,26	0,27	0,17	0,03	0,83
A3	0,08	0,15	0,19	0,12	0,01	0,54
A4	0,06	0,15	0,20	0,11	0,01	0,54
A5	0,08	0,20	0,24	0,11	0,01	0,64
A6	0,12	0,28	0,27	0,11	0,01	0,80
A7	0,20	0,47	0,50	0,16	0,01	1,34
A8	0,38	1,02	1,29	0,40	0,03	3,12
A9	0,45	1,40	1,35	0,70	0,05	3,95
A10	0,75	1,54	1,58	1,33	0,16	5,36
A11	0,42	1,24	0,92	0,49	0,03	3,10
A12	0,42	0,93	1,00	0,22	0,01	2,59
A13	0,37	0,73	0,66	0,16	0,01	1,92
A14	0,41	0,64	0,51	0,12	0,01	1,68
A15	0,32	0,53	0,41	0,09	0,01	1,36
A16	0,30	0,45	0,32	0,07	0,01	1,14
A17	0,36	0,37	0,28	0,06	0,01	1,08
A18	0,25	0,64	0,25	0,06	0,01	1,19
A19	0,28	0,29	0,22	0,06	0,01	0,84
A20	0,20	0,29	0,22	0,06	0,01	0,77
A21	0,18	0,31	0,24	0,06	0,01	0,79
A22	0,18	0,33	0,27	0,07	0,01	0,85
A23	0,17	0,38	0,37	0,09	0,01	1,01
A24	0,18	0,52	0,64	0,13	0,01	1,48
A25	0,23	0,81	0,78	0,29	0,02	2,13
A26	1,70	2,49	2,21	1,43	0,26	8,10
A27	0,12	0,37	0,34	0,17	0,01	1,01
A28	0,12	0,33	0,40	0,14	0,01	1,00
A29	0,12	0,32	0,35	0,13	0,01	0,92
A30	0,12	0,27	0,29	0,12	0,01	0,81
A31	0,09	0,23	0,27	0,12	0,01	0,71
A32	0,08	0,18	0,22	0,13	0,01	0,62
A33	0,09	0,17	0,22	0,14	0,01	0,63
A34	0,09	0,27	0,26	0,17	0,02	0,81
TOTAL	16,33	31,46	31,16	18,55	2,50	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	1,93	5,09	5,25	5,62	1,72	19,61
Planar	3,69	8,39	8,30	6,06	1,32	27,76
A2	0,07	0,26	0,24	0,15	0,04	0,75
A3	0,06	0,14	0,17	0,10	0,02	0,48
A4	0,05	0,16	0,18	0,10	0,02	0,51
A5	0,06	0,19	0,20	0,09	0,02	0,57
A6	0,10	0,30	0,25	0,11	0,01	0,78
A7	0,15	0,49	0,46	0,17	0,02	1,29
A8	0,27	1,02	1,31	0,47	0,05	3,11
A9	0,28	1,13	1,19	0,78	0,09	3,47
A10	0,43	1,18	1,33	1,43	0,43	4,80
A11	0,25	0,96	0,89	0,59	0,07	2,75
A12	0,28	0,86	1,00	0,29	0,03	2,46
A13	0,27	0,82	0,76	0,23	0,03	2,10
A14	0,38	0,89	0,67	0,18	0,02	2,14
A15	0,32	0,80	0,56	0,13	0,01	1,82
A16	0,28	0,67	0,45	0,09	0,01	1,51
A17	0,34	0,57	0,39	0,08	0,01	1,38
A18	0,24	0,83	0,31	0,07	0,01	1,46
A19	0,24	0,39	0,27	0,06	0,01	0,97
A20	0,17	0,34	0,23	0,06	0,01	0,81
A21	0,14	0,33	0,24	0,07	0,01	0,78
A22	0,14	0,32	0,27	0,07	0,01	0,81
A23	0,11	0,33	0,35	0,09	0,01	0,90
A24	0,11	0,42	0,58	0,16	0,02	1,28
A25	0,12	0,59	0,67	0,34	0,04	1,76
A26	1,35	2,40	2,05	1,63	0,84	8,25
A27	0,08	0,28	0,26	0,16	0,02	0,79
A28	0,07	0,28	0,34	0,13	0,02	0,84
A29	0,07	0,29	0,30	0,13	0,02	0,81
A30	0,08	0,27	0,26	0,12	0,02	0,75
A31	0,06	0,22	0,23	0,10	0,02	0,63
A32	0,06	0,18	0,20	0,11	0,02	0,56
A33	0,07	0,17	0,18	0,12	0,03	0,56
A34	0,07	0,27	0,24	0,15	0,03	0,76
TOTAL	12,40	31,77	30,54	20,24	5,05	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	1,21	5,22	6,05	5,92	2,11	20,50
Planar	2,24	7,94	8,88	7,27	2,44	28,77
A2	0,05	0,24	0,24	0,18	0,13	0,85
A3	0,04	0,14	0,18	0,11	0,05	0,51
A4	0,04	0,16	0,19	0,12	0,04	0,54
A5	0,04	0,20	0,22	0,11	0,03	0,59
A6	0,06	0,30	0,27	0,13	0,03	0,79
A7	0,08	0,45	0,51	0,21	0,04	1,28
A8	0,12	0,85	1,39	0,60	0,08	3,04
A9	0,12	0,84	1,04	0,83	0,14	2,96
A10	0,18	0,83	1,10	1,39	0,66	4,15
A11	0,11	0,68	0,79	0,68	0,12	2,37
A12	0,14	0,71	1,01	0,40	0,05	2,30
A13	0,15	0,78	0,89	0,33	0,05	2,20
A14	0,22	0,86	0,86	0,28	0,03	2,24
A15	0,20	0,81	0,75	0,20	0,02	1,98
A16	0,17	0,71	0,61	0,15	0,01	1,66
A17	0,21	0,60	0,52	0,12	0,02	1,47
A18	0,17	0,84	0,37	0,09	0,01	1,49
A19	0,16	0,40	0,32	0,08	0,02	0,98
A20	0,10	0,34	0,27	0,08	0,01	0,80
A21	0,09	0,31	0,25	0,08	0,02	0,74
A22	0,08	0,26	0,26	0,09	0,02	0,71
A23	0,06	0,25	0,31	0,12	0,02	0,76
A24	0,05	0,26	0,46	0,20	0,04	1,01
A25	0,06	0,33	0,50	0,36	0,07	1,31
A26	0,86	2,18	2,11	2,15	1,50	8,79
A27	0,04	0,17	0,20	0,17	0,03	0,61
A28	0,04	0,20	0,29	0,16	0,03	0,72
A29	0,04	0,23	0,27	0,14	0,03	0,70
A30	0,05	0,22	0,24	0,13	0,03	0,66
A31	0,04	0,18	0,21	0,12	0,03	0,58
A32	0,04	0,15	0,19	0,12	0,04	0,54
A33	0,05	0,16	0,19	0,12	0,05	0,57
A34	0,05	0,27	0,25	0,19	0,08	0,84
TOTAL	7,31	29,06	32,18	23,40	8,06	

## A.7 Class B: Kimono

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,73	4,10	3,38	3,08	0,57	16,86
Planar	11,56	7,05	4,09	2,09	0,07	24,86
A2	0,38	0,39	0,17	0,06	0,00	0,99
A3	0,44	0,25	0,16	0,05	0,00	0,89
A4	0,43	0,28	0,18	0,05	0,00	0,94
A5	0,57	0,37	0,23	0,06	0,00	1,23
A6	0,89	0,50	0,28	0,07	0,00	1,75
A7	1,11	0,74	0,42	0,09	0,00	2,35
A8	1,32	1,09	0,68	0,16	0,00	3,25
A9	1,09	0,89	0,34	0,15	0,00	2,48
A10	2,01	0,95	0,36	0,16	0,01	3,49
A11	0,79	0,61	0,22	0,08	0,00	1,69
A12	0,97	0,75	0,34	0,04	0,00	2,10
A13	1,04	0,65	0,28	0,04	0,00	2,01
A14	1,24	0,63	0,24	0,03	0,00	2,15
A15	1,06	0,55	0,20	0,03	0,00	1,84
A16	0,79	0,41	0,17	0,03	0,00	1,40
A17	0,89	0,37	0,16	0,03	0,00	1,45
A18	0,61	0,66	0,16	0,03	0,00	1,46
A19	0,87	0,33	0,13	0,03	0,00	1,36
A20	0,65	0,35	0,14	0,03	0,00	1,17
A21	0,67	0,41	0,16	0,03	0,00	1,26
A22	0,71	0,43	0,17	0,03	0,00	1,35
A23	0,64	0,45	0,20	0,03	0,00	1,32
A24	0,63	0,62	0,28	0,03	0,00	1,55
A25	0,74	0,96	0,37	0,07	0,00	2,15
A26	3,76	2,08	0,87	0,27	0,01	6,98
A27	0,83	0,81	0,31	0,07	0,00	2,02
A28	0,67	0,48	0,27	0,05	0,00	1,46
A29	0,57	0,40	0,25	0,05	0,00	1,27
A30	0,57	0,40	0,21	0,04	0,00	1,22
A31	0,48	0,39	0,20	0,04	0,00	1,11
A32	0,39	0,28	0,15	0,03	0,00	0,85
A33	0,44	0,26	0,13	0,03	0,00	0,86
A34	0,37	0,38	0,13	0,03	0,00	0,92
TOTAL	45,90	30,24	16,01	7,17	0,68	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,11	4,40	3,81	3,95	0,55	16,81
Planar	8,99	8,32	5,82	4,26	0,34	27,73
A2	0,23	0,34	0,21	0,09	0,00	0,86
A3	0,28	0,22	0,18	0,08	0,00	0,76
A4	0,27	0,26	0,21	0,09	0,00	0,83
A5	0,37	0,36	0,27	0,11	0,00	1,10
A6	0,64	0,52	0,36	0,13	0,00	1,65
A7	0,79	0,76	0,57	0,17	0,00	2,29
A8	0,89	1,10	0,86	0,30	0,01	3,16
A9	0,70	0,85	0,45	0,23	0,00	2,23
A10	1,31	1,00	0,50	0,22	0,04	3,07
A11	0,50	0,59	0,26	0,12	0,00	1,46
A12	0,59	0,74	0,45	0,07	0,00	1,85
A13	0,64	0,70	0,39	0,06	0,01	1,80
A14	0,98	0,73	0,36	0,05	0,01	2,12
A15	0,85	0,61	0,29	0,04	0,01	1,80
A16	0,61	0,42	0,25	0,04	0,01	1,33
A17	0,67	0,38	0,25	0,04	0,01	1,35
A18	0,49	0,62	0,24	0,04	0,01	1,40
A19	0,70	0,36	0,19	0,03	0,01	1,29
A20	0,51	0,35	0,18	0,03	0,01	1,08
A21	0,49	0,43	0,21	0,03	0,01	1,16
A22	0,55	0,48	0,23	0,04	0,01	1,31
A23	0,44	0,46	0,27	0,05	0,00	1,21
A24	0,45	0,61	0,39	0,06	0,00	1,52
A25	0,52	0,94	0,60	0,15	0,00	2,20
A26	3,02	2,45	1,26	0,47	0,02	7,23
A27	0,60	0,80	0,42	0,13	0,00	1,95
A28	0,48	0,49	0,33	0,09	0,00	1,39
A29	0,41	0,43	0,32	0,09	0,00	1,25
A30	0,43	0,43	0,28	0,07	0,00	1,21
A31	0,36	0,43	0,28	0,08	0,00	1,15
A32	0,29	0,28	0,19	0,06	0,00	0,81
A33	0,29	0,25	0,16	0,05	0,00	0,76
A34	0,26	0,37	0,18	0,05	0,00	0,87
TOTAL	33,67	32,46	21,20	11,60	1,06	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,39	4,49	4,74	4,47	0,62	16,70
Planar	5,72	9,12	8,00	6,23	0,91	29,98
A2	0,16	0,32	0,27	0,15	0,00	0,90
A3	0,19	0,22	0,24	0,13	0,00	0,78
A4	0,20	0,25	0,25	0,15	0,00	0,84
A5	0,26	0,32	0,32	0,16	0,00	1,06
A6	0,51	0,54	0,48	0,21	0,00	1,74
A7	0,53	0,73	0,69	0,28	0,01	2,23
A8	0,47	0,96	1,02	0,47	0,02	2,94
A9	0,36	0,77	0,55	0,32	0,01	2,01
A10	0,74	0,95	0,65	0,32	0,04	2,70
A11	0,28	0,54	0,33	0,17	0,00	1,32
A12	0,31	0,63	0,57	0,13	0,00	1,64
A13	0,38	0,63	0,54	0,11	0,01	1,67
A14	0,72	0,79	0,51	0,09	0,01	2,12
A15	0,65	0,66	0,39	0,07	0,00	1,77
A16	0,46	0,44	0,33	0,08	0,00	1,30
A17	0,47	0,36	0,32	0,07	0,00	1,23
A18	0,37	0,61	0,33	0,07	0,00	1,38
A19	0,50	0,38	0,27	0,05	0,01	1,21
A20	0,34	0,36	0,26	0,05	0,01	1,02
A21	0,32	0,43	0,29	0,05	0,01	1,11
A22	0,36	0,50	0,32	0,06	0,01	1,25
A23	0,28	0,51	0,35	0,07	0,01	1,21
A24	0,26	0,63	0,52	0,11	0,01	1,53
A25	0,26	0,82	0,66	0,23	0,01	1,97
A26	1,81	2,79	1,79	0,76	0,05	7,19
A27	0,31	0,71	0,51	0,18	0,01	1,72
A28	0,32	0,48	0,39	0,13	0,00	1,31
A29	0,28	0,43	0,38	0,15	0,00	1,24
A30	0,30	0,45	0,37	0,12	0,00	1,24
A31	0,25	0,43	0,37	0,13	0,00	1,18
A32	0,21	0,29	0,25	0,10	0,00	0,85
A33	0,21	0,24	0,21	0,08	0,00	0,75
A34	0,19	0,38	0,25	0,09	0,00	0,92
TOTAL	21,34	33,14	27,73	16,02	1,77	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	1,07	3,83	5,48	5,56	0,97	16,90
Planar	2,84	8,63	10,31	8,36	1,64	31,78
A2	0,10	0,29	0,38	0,26	0,01	1,03
A3	0,12	0,19	0,28	0,21	0,01	0,82
A4	0,12	0,21	0,31	0,23	0,01	0,89
A5	0,16	0,31	0,37	0,24	0,01	1,10
A6	0,27	0,49	0,56	0,33	0,01	1,66
A7	0,26	0,61	0,75	0,48	0,03	2,13
A8	0,18	0,63	0,99	0,70	0,07	2,58
A9	0,13	0,53	0,63	0,48	0,03	1,79
A10	0,30	0,71	0,78	0,50	0,09	2,38
A11	0,11	0,41	0,39	0,27	0,01	1,19
A12	0,12	0,45	0,67	0,22	0,01	1,47
A13	0,18	0,47	0,68	0,22	0,02	1,56
A14	0,45	0,74	0,68	0,19	0,01	2,07
A15	0,39	0,62	0,53	0,14	0,00	1,68
A16	0,28	0,38	0,39	0,14	0,01	1,21
A17	0,28	0,32	0,40	0,13	0,01	1,13
A18	0,24	0,50	0,42	0,11	0,01	1,28
A19	0,27	0,32	0,38	0,10	0,01	1,07
A20	0,19	0,35	0,38	0,09	0,01	1,02
A21	0,14	0,36	0,39	0,10	0,01	0,99
A22	0,16	0,45	0,45	0,11	0,01	1,18
A23	0,12	0,52	0,49	0,13	0,01	1,27
A24	0,10	0,55	0,66	0,20	0,01	1,52
A25	0,08	0,60	0,67	0,34	0,02	1,70
A26	0,76	2,96	2,49	1,21	0,14	7,56
A27	0,13	0,52	0,54	0,25	0,01	1,46
A28	0,16	0,40	0,46	0,19	0,01	1,22
A29	0,15	0,41	0,45	0,23	0,01	1,25
A30	0,14	0,42	0,46	0,20	0,01	1,23
A31	0,16	0,42	0,47	0,21	0,01	1,27
A32	0,13	0,27	0,32	0,16	0,01	0,88
A33	0,13	0,22	0,28	0,15	0,00	0,77
A34	0,13	0,34	0,34	0,17	0,00	0,97
TOTAL	10,54	29,44	34,21	22,59	3,22	

## A.8 Class B: ParkScene

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	9,68	3,68	1,53	0,45	0,02	15,37
Planar	17,41	4,73	1,31	0,24	0,00	23,69
A2	0,71	0,35	0,06	0,01	0,00	1,13
A3	0,82	0,17	0,05	0,01	0,00	1,04
A4	0,76	0,17	0,05	0,01	0,00	0,98
A5	0,91	0,20	0,05	0,01	0,00	1,16
A6	1,11	0,23	0,06	0,01	0,00	1,40
A7	1,18	0,28	0,08	0,01	0,00	1,54
A8	1,59	0,41	0,11	0,01	0,00	2,12
A9	2,22	0,92	0,19	0,03	0,00	3,37
A10	4,75	1,20	0,22	0,01	0,00	6,18
A11	2,18	0,78	0,10	0,02	0,00	3,08
A12	1,74	0,44	0,11	0,01	0,00	2,29
A13	1,39	0,27	0,04	0,00	0,00	1,71
A14	1,16	0,19	0,03	0,00	0,00	1,38
A15	1,09	0,19	0,02	0,00	0,00	1,30
A16	0,94	0,15	0,02	0,00	0,00	1,11
A17	1,16	0,13	0,02	0,00	0,00	1,32
A18	0,68	0,40	0,02	0,00	0,00	1,10
A19	1,31	0,16	0,02	0,00	0,00	1,49
A20	1,03	0,18	0,03	0,00	0,00	1,24
A21	1,08	0,23	0,04	0,00	0,00	1,35
A22	1,10	0,24	0,05	0,00	0,00	1,39
A23	1,13	0,30	0,07	0,01	0,00	1,50
A24	1,14	0,36	0,11	0,01	0,00	1,60
A25	1,26	0,53	0,10	0,02	0,00	1,89
A26	5,95	1,41	0,34	0,06	0,00	7,75
A27	1,17	0,48	0,08	0,02	0,00	1,74
A28	1,10	0,35	0,13	0,01	0,00	1,59
A29	1,02	0,31	0,10	0,01	0,00	1,43
A30	1,06	0,27	0,08	0,01	0,00	1,42
A31	0,91	0,24	0,06	0,01	0,00	1,22
A32	0,76	0,19	0,05	0,01	0,00	1,01
A33	0,86	0,18	0,05	0,01	0,00	1,10
A34	0,63	0,31	0,05	0,01	0,00	0,99
TOTAL	72,97	20,61	5,40	1,01	0,03	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	10,69	4,68	2,14	0,57	0,05	18,12
Planar	18,82	6,73	2,27	0,42	0,02	28,26
A2	0,58	0,33	0,07	0,01	0,00	1,00
A3	0,59	0,17	0,06	0,01	0,00	0,83
A4	0,54	0,18	0,06	0,01	0,00	0,78
A5	0,64	0,21	0,06	0,01	0,00	0,91
A6	0,80	0,24	0,08	0,01	0,00	1,12
A7	0,84	0,28	0,10	0,01	0,00	1,23
A8	1,08	0,43	0,14	0,01	0,00	1,66
A9	1,44	0,92	0,25	0,05	0,00	2,66
A10	3,35	1,23	0,27	0,02	0,00	4,88
A11	1,46	0,76	0,15	0,03	0,00	2,41
A12	1,21	0,47	0,14	0,01	0,00	1,83
A13	1,01	0,29	0,06	0,00	0,00	1,36
A14	0,89	0,22	0,04	0,00	0,00	1,14
A15	0,82	0,21	0,04	0,00	0,00	1,06
A16	0,77	0,18	0,04	0,00	0,00	0,99
A17	0,93	0,17	0,04	0,00	0,00	1,13
A18	0,66	0,41	0,04	0,00	0,00	1,12
A19	1,11	0,21	0,04	0,01	0,00	1,37
A20	0,87	0,23	0,05	0,00	0,00	1,15
A21	0,83	0,27	0,06	0,01	0,00	1,16
A22	0,81	0,27	0,07	0,01	0,00	1,16
A23	0,79	0,32	0,10	0,01	0,00	1,22
A24	0,77	0,37	0,14	0,02	0,00	1,29
A25	0,95	0,60	0,16	0,03	0,00	1,73
A26	6,72	2,09	0,58	0,13	0,01	9,53
A27	0,85	0,53	0,12	0,03	0,00	1,53
A28	0,75	0,36	0,16	0,02	0,00	1,29
A29	0,71	0,32	0,13	0,02	0,00	1,18
A30	0,77	0,28	0,11	0,01	0,00	1,17
A31	0,66	0,25	0,08	0,01	0,00	1,00
A32	0,58	0,20	0,07	0,01	0,00	0,85
A33	0,66	0,19	0,06	0,01	0,00	0,93
A34	0,56	0,30	0,06	0,01	0,00	0,94
TOTAL	65,48	24,88	8,03	1,52	0,08	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	9,35	6,27	3,30	0,91	0,09	19,91
Planar	16,67	9,81	4,11	0,86	0,06	31,51
A2	0,47	0,37	0,10	0,02	0,00	0,97
A3	0,41	0,21	0,08	0,01	0,00	0,71
A4	0,36	0,21	0,09	0,01	0,00	0,67
A5	0,41	0,24	0,10	0,01	0,00	0,76
A6	0,52	0,29	0,11	0,01	0,00	0,93
A7	0,55	0,34	0,14	0,02	0,00	1,05
A8	0,64	0,46	0,19	0,02	0,00	1,30
A9	0,76	0,81	0,32	0,08	0,00	1,98
A10	1,96	1,27	0,37	0,05	0,00	3,65
A11	0,92	0,81	0,24	0,07	0,00	2,03
A12	0,74	0,52	0,22	0,02	0,00	1,50
A13	0,67	0,35	0,09	0,01	0,00	1,13
A14	0,62	0,29	0,07	0,01	0,00	0,98
A15	0,58	0,28	0,07	0,00	0,00	0,93
A16	0,58	0,26	0,07	0,01	0,00	0,90
A17	0,70	0,25	0,07	0,01	0,00	1,02
A18	0,60	0,51	0,07	0,01	0,00	1,19
A19	0,88	0,30	0,08	0,01	0,00	1,27
A20	0,71	0,32	0,09	0,01	0,00	1,13
A21	0,59	0,35	0,11	0,01	0,00	1,05
A22	0,54	0,34	0,12	0,01	0,00	1,01
A23	0,47	0,38	0,15	0,02	0,00	1,03
A24	0,45	0,42	0,20	0,03	0,00	1,10
A25	0,61	0,67	0,27	0,06	0,00	1,61
A26	6,30	3,23	1,08	0,30	0,04	10,95
A27	0,54	0,59	0,20	0,05	0,01	1,38
A28	0,43	0,41	0,22	0,04	0,00	1,10
A29	0,42	0,37	0,18	0,03	0,00	1,01
A30	0,47	0,34	0,14	0,02	0,00	0,98
A31	0,40	0,29	0,12	0,02	0,00	0,82
A32	0,37	0,23	0,10	0,02	0,00	0,72
A33	0,47	0,23	0,09	0,02	0,00	0,80
A34	0,46	0,35	0,09	0,02	0,00	0,92
TOTAL	51,63	32,34	13,05	2,78	0,21	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,38	7,96	5,55	1,93	0,19	21,00
Planar	10,07	13,11	7,67	2,12	0,16	33,13
A2	0,30	0,44	0,20	0,05	0,00	0,99
A3	0,23	0,24	0,14	0,03	0,00	0,65
A4	0,19	0,25	0,16	0,03	0,00	0,63
A5	0,21	0,29	0,17	0,04	0,00	0,71
A6	0,27	0,33	0,19	0,06	0,00	0,84
A7	0,30	0,37	0,23	0,07	0,00	0,96
A8	0,33	0,48	0,29	0,05	0,00	1,15
A9	0,36	0,77	0,45	0,14	0,00	1,72
A10	0,92	1,26	0,57	0,11	0,00	2,87
A11	0,49	0,91	0,45	0,17	0,00	2,02
A12	0,39	0,59	0,37	0,06	0,00	1,39
A13	0,35	0,43	0,18	0,02	0,00	0,98
A14	0,37	0,38	0,14	0,02	0,00	0,91
A15	0,35	0,38	0,14	0,02	0,00	0,89
A16	0,34	0,36	0,14	0,02	0,00	0,86
A17	0,44	0,36	0,15	0,02	0,00	0,97
A18	0,45	0,70	0,16	0,02	0,00	1,32
A19	0,64	0,44	0,18	0,02	0,00	1,27
A20	0,48	0,44	0,19	0,03	0,00	1,13
A21	0,35	0,42	0,20	0,03	0,00	0,99
A22	0,26	0,39	0,22	0,04	0,00	0,91
A23	0,20	0,40	0,27	0,06	0,01	0,93
A24	0,18	0,41	0,34	0,07	0,01	1,00
A25	0,25	0,60	0,42	0,15	0,01	1,42
A26	3,83	4,45	2,18	0,72	0,12	11,30
A27	0,22	0,56	0,32	0,10	0,01	1,22
A28	0,17	0,40	0,35	0,08	0,01	1,01
A29	0,17	0,41	0,29	0,07	0,01	0,94
A30	0,20	0,39	0,23	0,05	0,01	0,88
A31	0,18	0,32	0,18	0,04	0,00	0,72
A32	0,18	0,26	0,15	0,04	0,00	0,63
A33	0,24	0,28	0,14	0,04	0,00	0,70
A34	0,29	0,44	0,18	0,05	0,00	0,95
TOTAL	29,54	40,19	23,18	6,53	0,57	

## A.9 Class B: Cactus

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	8,07	3,42	1,31	0,38	0,02	13,20
Planar	14,18	4,77	1,28	0,18	0,00	20,41
A2	0,83	0,44	0,07	0,01	0,00	1,35
A3	1,00	0,21	0,06	0,01	0,00	1,28
A4	0,89	0,22	0,07	0,01	0,00	1,19
A5	1,07	0,27	0,07	0,01	0,00	1,42
A6	1,17	0,28	0,08	0,01	0,00	1,53
A7	1,09	0,29	0,08	0,01	0,00	1,47
A8	1,48	0,42	0,13	0,01	0,00	2,04
A9	2,27	1,47	0,36	0,03	0,00	4,13
A10	2,72	0,92	0,19	0,03	0,00	3,87
A11	1,14	0,36	0,05	0,01	0,00	1,57
A12	1,24	0,30	0,08	0,01	0,00	1,64
A13	1,25	0,28	0,06	0,00	0,00	1,58
A14	1,38	0,25	0,04	0,00	0,00	1,68
A15	1,39	0,26	0,04	0,00	0,00	1,69
A16	1,14	0,20	0,04	0,00	0,00	1,39
A17	1,51	0,18	0,04	0,00	0,00	1,72
A18	0,81	0,47	0,03	0,00	0,00	1,32
A19	1,44	0,20	0,04	0,00	0,00	1,68
A20	1,30	0,24	0,04	0,00	0,00	1,58
A21	1,30	0,29	0,05	0,01	0,00	1,65
A22	1,56	0,34	0,07	0,00	0,00	1,97
A23	1,97	0,50	0,10	0,01	0,00	2,57
A24	2,16	0,92	0,22	0,01	0,00	3,31
A25	1,55	0,61	0,12	0,04	0,00	2,31
A26	4,96	1,05	0,14	0,02	0,00	6,18
A27	1,66	0,62	0,07	0,01	0,00	2,37
A28	1,82	0,58	0,18	0,01	0,00	2,58
A29	1,59	0,48	0,14	0,01	0,00	2,21
A30	1,46	0,36	0,09	0,01	0,00	1,90
A31	1,05	0,30	0,07	0,01	0,00	1,42
A32	0,97	0,26	0,06	0,01	0,00	1,29
A33	1,03	0,24	0,06	0,01	0,00	1,34
A34	0,77	0,37	0,05	0,01	0,00	1,19
TOTAL	71,24	22,33	5,55	0,86	0,03	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,60	3,31	1,60	0,61	0,07	12,19
Planar	12,35	5,60	2,15	0,50	0,02	20,62
A2	0,74	0,39	0,11	0,02	0,00	1,26
A3	0,72	0,23	0,09	0,01	0,00	1,04
A4	0,61	0,23	0,09	0,02	0,00	0,95
A5	0,68	0,26	0,10	0,01	0,00	1,05
A6	0,84	0,27	0,11	0,01	0,00	1,23
A7	0,82	0,30	0,11	0,01	0,00	1,23
A8	1,13	0,49	0,19	0,02	0,00	1,83
A9	1,97	1,66	0,96	0,09	0,00	4,69
A10	2,58	1,21	0,42	0,09	0,01	4,30
A11	0,92	0,39	0,10	0,02	0,00	1,43
A12	0,91	0,32	0,11	0,01	0,00	1,35
A13	1,01	0,31	0,08	0,01	0,00	1,41
A14	1,09	0,28	0,07	0,01	0,00	1,44
A15	1,05	0,28	0,07	0,01	0,00	1,40
A16	0,93	0,25	0,07	0,01	0,00	1,25
A17	1,28	0,25	0,07	0,01	0,00	1,60
A18	0,88	0,51	0,06	0,01	0,00	1,46
A19	1,33	0,29	0,07	0,01	0,00	1,70
A20	1,18	0,33	0,09	0,01	0,00	1,60
A21	1,16	0,39	0,10	0,01	0,00	1,66
A22	1,42	0,48	0,14	0,01	0,00	2,06
A23	1,90	0,77	0,22	0,01	0,00	2,90
A24	1,91	1,26	0,47	0,04	0,00	3,67
A25	1,39	0,76	0,24	0,07	0,00	2,47
A26	5,17	1,71	0,39	0,08	0,00	7,36
A27	1,66	0,88	0,16	0,03	0,00	2,72
A28	1,62	0,79	0,30	0,03	0,00	2,75
A29	1,44	0,67	0,24	0,03	0,00	2,37
A30	1,31	0,49	0,15	0,02	0,00	1,97
A31	0,86	0,36	0,11	0,01	0,00	1,34
A32	0,82	0,32	0,10	0,01	0,00	1,25
A33	0,91	0,29	0,10	0,01	0,00	1,32
A34	0,68	0,37	0,09	0,01	0,00	1,15
TOTAL	61,85	26,69	9,51	1,85	0,10	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,13	3,72	2,05	0,77	0,11	11,77
Planar	10,17	6,81	3,12	0,82	0,05	20,96
A2	0,66	0,41	0,15	0,02	0,00	1,24
A3	0,53	0,26	0,11	0,02	0,00	0,93
A4	0,47	0,26	0,12	0,02	0,00	0,88
A5	0,51	0,29	0,12	0,02	0,00	0,93
A6	0,63	0,31	0,13	0,02	0,00	1,09
A7	0,66	0,34	0,15	0,02	0,00	1,17
A8	0,94	0,64	0,27	0,03	0,00	1,88
A9	1,51	1,78	1,33	0,15	0,01	4,77
A10	2,03	1,41	0,72	0,14	0,01	4,31
A11	0,72	0,49	0,14	0,03	0,00	1,38
A12	0,69	0,37	0,14	0,02	0,00	1,22
A13	0,81	0,37	0,12	0,01	0,00	1,32
A14	0,88	0,35	0,11	0,01	0,00	1,35
A15	0,84	0,37	0,10	0,01	0,00	1,32
A16	0,82	0,33	0,10	0,01	0,00	1,27
A17	1,07	0,35	0,11	0,01	0,00	1,54
A18	0,87	0,58	0,10	0,01	0,00	1,56
A19	1,17	0,41	0,13	0,01	0,00	1,72
A20	1,05	0,44	0,14	0,01	0,00	1,64
A21	0,99	0,49	0,15	0,02	0,00	1,65
A22	1,24	0,60	0,22	0,02	0,00	2,08
A23	1,68	1,02	0,36	0,03	0,00	3,09
A24	1,69	1,50	0,70	0,09	0,00	3,97
A25	1,14	0,85	0,31	0,12	0,01	2,42
A26	4,59	2,27	0,62	0,15	0,01	7,64
A27	1,42	1,05	0,23	0,05	0,00	2,75
A28	1,33	0,94	0,42	0,05	0,00	2,75
A29	1,16	0,84	0,33	0,05	0,00	2,38
A30	1,09	0,61	0,21	0,03	0,00	1,93
A31	0,75	0,42	0,15	0,02	0,00	1,34
A32	0,69	0,38	0,14	0,02	0,00	1,22
A33	0,77	0,37	0,14	0,02	0,00	1,29
A34	0,66	0,43	0,14	0,02	0,00	1,24
TOTAL	51,33	32,05	13,59	2,83	0,21	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,24	4,01	2,73	1,07	0,15	11,20
Planar	6,96	7,73	4,67	1,39	0,12	20,87
A2	0,56	0,48	0,23	0,05	0,00	1,32
A3	0,40	0,27	0,15	0,04	0,00	0,86
A4	0,34	0,28	0,16	0,04	0,00	0,82
A5	0,37	0,31	0,17	0,04	0,00	0,87
A6	0,49	0,37	0,19	0,04	0,00	1,10
A7	0,53	0,42	0,21	0,04	0,00	1,20
A8	0,72	0,84	0,38	0,06	0,00	2,00
A9	0,94	1,58	1,83	0,25	0,04	4,64
A10	1,34	1,48	1,15	0,26	0,03	4,26
A11	0,44	0,55	0,24	0,06	0,00	1,30
A12	0,52	0,45	0,20	0,03	0,00	1,20
A13	0,61	0,45	0,20	0,02	0,00	1,28
A14	0,66	0,45	0,17	0,02	0,00	1,31
A15	0,63	0,46	0,17	0,02	0,00	1,28
A16	0,62	0,43	0,18	0,02	0,00	1,25
A17	0,79	0,48	0,19	0,02	0,00	1,47
A18	0,73	0,70	0,18	0,02	0,00	1,63
A19	0,88	0,54	0,20	0,03	0,00	1,64
A20	0,81	0,54	0,23	0,02	0,00	1,61
A21	0,82	0,62	0,26	0,04	0,00	1,74
A22	0,96	0,77	0,33	0,05	0,00	2,11
A23	1,40	1,43	0,57	0,06	0,00	3,47
A24	1,43	1,86	0,99	0,20	0,01	4,48
A25	0,79	0,96	0,45	0,20	0,02	2,42
A26	3,15	2,93	1,08	0,28	0,03	7,47
A27	1,02	1,19	0,37	0,09	0,00	2,67
A28	0,96	1,10	0,61	0,12	0,00	2,79
A29	0,86	1,09	0,44	0,09	0,00	2,48
A30	0,79	0,78	0,28	0,05	0,00	1,90
A31	0,58	0,49	0,21	0,04	0,00	1,32
A32	0,54	0,45	0,21	0,04	0,00	1,24
A33	0,65	0,47	0,21	0,04	0,00	1,37
A34	0,62	0,58	0,22	0,04	0,00	1,45
TOTAL	37,13	37,53	20,04	4,88	0,43	



## A.10 Class B: BQTerrace

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,86	12,97	1,21	0,26	0,01	17,31
Planar	4,83	17,79	0,72	0,06	0,00	23,40
A2	0,39	1,39	0,05	0,01	0,00	1,84
A3	0,58	0,33	0,03	0,01	0,00	0,94
A4	0,59	0,37	0,04	0,00	0,00	1,00
A5	1,04	0,60	0,06	0,01	0,00	1,71
A6	3,38	2,60	0,25	0,01	0,00	6,24
A7	3,25	3,37	0,15	0,00	0,00	6,77
A8	1,54	2,39	0,11	0,00	0,00	4,05
A9	0,81	3,16	0,08	0,01	0,00	4,06
A10	0,98	1,34	0,04	0,00	0,00	2,36
A11	0,53	1,70	0,03	0,00	0,00	2,27
A12	0,56	0,70	0,03	0,00	0,00	1,29
A13	0,52	0,39	0,02	0,00	0,00	0,94
A14	0,50	0,27	0,02	0,00	0,00	0,79
A15	0,37	0,18	0,01	0,00	0,00	0,56
A16	0,30	0,12	0,01	0,00	0,00	0,44
A17	0,33	0,07	0,01	0,00	0,00	0,40
A18	0,17	0,50	0,01	0,00	0,00	0,68
A19	0,37	0,09	0,01	0,00	0,00	0,47
A20	0,34	0,11	0,01	0,00	0,00	0,46
A21	0,32	0,13	0,01	0,00	0,00	0,47
A22	0,46	0,25	0,05	0,00	0,00	0,76
A23	0,46	0,31	0,05	0,00	0,00	0,82
A24	0,53	0,51	0,02	0,00	0,00	1,06
A25	1,03	3,35	0,27	0,07	0,01	4,72
A26	2,38	3,26	0,27	0,08	0,01	6,00
A27	0,78	1,98	0,02	0,00	0,00	2,78
A28	0,49	0,49	0,01	0,00	0,00	0,99
A29	0,39	0,31	0,01	0,00	0,00	0,71
A30	0,41	0,23	0,01	0,00	0,00	0,65
A31	0,34	0,21	0,01	0,00	0,00	0,56
A32	0,36	0,19	0,01	0,00	0,00	0,57
A33	0,44	0,20	0,02	0,00	0,00	0,65
A34	0,37	0,90	0,03	0,00	0,00	1,30
TOTAL	32,99	62,75	3,69	0,55	0,03	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,88	3,31	1,19	0,39	0,03	9,79
Planar	9,94	5,54	1,24	0,22	0,01	16,95
A2	0,71	0,55	0,13	0,03	0,00	1,42
A3	0,89	0,30	0,10	0,02	0,00	1,32
A4	0,87	0,33	0,12	0,02	0,00	1,35
A5	1,62	0,65	0,25	0,04	0,00	2,56
A6	4,93	2,66	0,78	0,07	0,00	8,44
A7	5,17	2,90	0,86	0,10	0,00	9,04
A8	3,04	1,76	0,47	0,04	0,00	5,31
A9	1,90	1,54	0,26	0,03	0,00	3,74
A10	2,39	1,21	0,21	0,06	0,01	3,87
A11	1,22	0,82	0,13	0,03	0,00	2,20
A12	1,01	0,48	0,11	0,01	0,00	1,61
A13	0,80	0,30	0,06	0,01	0,00	1,17
A14	0,71	0,22	0,05	0,00	0,00	0,98
A15	0,53	0,15	0,04	0,00	0,00	0,72
A16	0,44	0,12	0,03	0,00	0,00	0,60
A17	0,47	0,08	0,02	0,00	0,00	0,58
A18	0,27	0,18	0,01	0,00	0,00	0,46
A19	0,53	0,11	0,02	0,00	0,00	0,65
A20	0,46	0,12	0,02	0,00	0,00	0,60
A21	0,47	0,13	0,02	0,00	0,00	0,62
A22	0,64	0,25	0,07	0,00	0,00	0,96
A23	0,73	0,28	0,07	0,00	0,00	1,08
A24	1,04	0,36	0,06	0,00	0,00	1,46
A25	2,29	1,80	0,33	0,08	0,03	4,53
A26	5,39	2,75	0,59	0,12	0,01	8,85
A27	1,66	1,01	0,06	0,01	0,00	2,75
A28	0,94	0,33	0,04	0,00	0,00	1,30
A29	0,69	0,22	0,03	0,00	0,00	0,94
A30	0,66	0,18	0,03	0,00	0,00	0,86
A31	0,51	0,16	0,03	0,01	0,00	0,71
A32	0,51	0,17	0,03	0,01	0,00	0,71
A33	0,64	0,19	0,04	0,01	0,00	0,88
A34	0,61	0,33	0,06	0,02	0,00	1,02
TOTAL	59,53	31,47	7,55	1,34	0,11	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,30	2,75	1,28	0,44	0,06	8,83
Planar	9,33	4,73	1,77	0,35	0,04	16,22
A2	0,65	0,49	0,18	0,03	0,00	1,35
A3	0,70	0,30	0,12	0,02	0,00	1,14
A4	0,71	0,34	0,15	0,03	0,01	1,22
A5	1,40	0,80	0,37	0,07	0,01	2,65
A6	4,54	3,12	1,53	0,17	0,01	9,37
A7	4,79	3,30	1,49	0,17	0,01	9,75
A8	2,93	1,79	0,63	0,06	0,00	5,42
A9	1,83	1,22	0,41	0,06	0,00	3,52
A10	2,46	1,22	0,38	0,08	0,02	4,15
A11	1,08	0,67	0,19	0,03	0,00	1,97
A12	0,86	0,46	0,13	0,01	0,00	1,47
A13	0,70	0,29	0,07	0,01	0,00	1,07
A14	0,60	0,21	0,06	0,00	0,00	0,87
A15	0,44	0,14	0,04	0,00	0,00	0,62
A16	0,38	0,12	0,04	0,00	0,00	0,54
A17	0,41	0,09	0,02	0,00	0,00	0,52
A18	0,26	0,13	0,02	0,00	0,00	0,42
A19	0,50	0,13	0,02	0,00	0,00	0,65
A20	0,44	0,13	0,03	0,00	0,00	0,61
A21	0,43	0,13	0,03	0,00	0,00	0,60
A22	0,61	0,19	0,06	0,00	0,00	0,86
A23	0,71	0,23	0,06	0,00	0,00	1,00
A24	1,07	0,34	0,08	0,01	0,00	1,50
A25	2,51	1,74	0,56	0,10	0,04	4,96
A26	5,80	2,98	0,86	0,15	0,01	9,79
A27	1,71	0,86	0,11	0,01	0,00	2,68
A28	0,94	0,30	0,06	0,00	0,00	1,30
A29	0,68	0,21	0,04	0,00	0,00	0,93
A30	0,63	0,18	0,04	0,00	0,00	0,86
A31	0,46	0,17	0,03	0,00	0,00	0,66
A32	0,45	0,18	0,04	0,01	0,00	0,68
A33	0,56	0,20	0,05	0,01	0,00	0,82
A34	0,59	0,31	0,08	0,02	0,00	1,00
TOTAL	56,44	30,46	11,03	1,85	0,22	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,57	3,20	1,63	0,61	0,10	9,11
Planar	7,79	5,85	2,54	0,59	0,08	16,84
A2	0,54	0,52	0,24	0,04	0,02	1,35
A3	0,48	0,32	0,15	0,03	0,01	0,98
A4	0,52	0,39	0,19	0,05	0,01	1,16
A5	1,09	1,13	0,50	0,11	0,03	2,85
A6	3,21	3,77	2,27	0,41	0,04	9,69
A7	3,42	3,80	2,14	0,34	0,01	9,72
A8	2,14	1,98	0,83	0,10	0,00	5,06
A9	1,31	1,37	0,55	0,09	0,00	3,32
A10	1,83	1,41	0,56	0,12	0,02	3,94
A11	0,76	0,66	0,21	0,04	0,00	1,66
A12	0,65	0,52	0,17	0,02	0,00	1,36
A13	0,57	0,36	0,11	0,01	0,00	1,05
A14	0,47	0,25	0,08	0,01	0,00	0,81
A15	0,35	0,18	0,04	0,00	0,00	0,57
A16	0,30	0,15	0,04	0,00	0,00	0,50
A17	0,30	0,11	0,03	0,00	0,00	0,44
A18	0,27	0,16	0,02	0,00	0,00	0,45
A19	0,43	0,18	0,04	0,00	0,00	0,65
A20	0,40	0,19	0,05	0,01	0,00	0,64
A21	0,37	0,18	0,04	0,01	0,00	0,60
A22	0,50	0,22	0,06	0,01	0,00	0,78
A23	0,56	0,27	0,06	0,01	0,00	0,90
A24	0,86	0,46	0,13	0,01	0,00	1,47
A25	2,00	2,01	0,95	0,17	0,04	5,16
A26	5,02	3,69	1,41	0,23	0,02	10,37
A27	1,33	1,05	0,19	0,02	0,00	2,60
A28	0,74	0,40	0,09	0,01	0,00	1,24
A29	0,55	0,29	0,07	0,01	0,00	0,91
A30	0,51	0,24	0,06	0,01	0,00	0,81
A31	0,36	0,21	0,05	0,01	0,00	0,62
A32	0,36	0,20	0,06	0,01	0,00	0,63
A33	0,44	0,22	0,07	0,01	0,00	0,74
A34	0,51	0,37	0,12	0,02	0,01	1,03
TOTAL	44,49	36,29	15,73	3,09	0,39	

### A.11 Class B: BasketballDrive

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,05	2,48	0,97	0,32	0,01	<b>9,82</b>
Planar	8,16	8,55	1,70	0,27	0,00	<b>18,68</b>
A2	0,40	0,61	0,06	0,02	0,00	<b>1,08</b>
A3	0,43	0,23	0,05	0,01	0,00	<b>0,72</b>
A4	0,39	0,25	0,06	0,01	0,00	<b>0,71</b>
A5	0,45	0,32	0,07	0,01	0,00	<b>0,85</b>
A6	0,64	0,43	0,09	0,01	0,00	<b>1,18</b>
A7	0,75	0,57	0,13	0,01	0,00	<b>1,46</b>
A8	1,31	1,12	0,32	0,02	0,00	<b>2,77</b>
A9	1,93	2,29	0,44	0,09	0,00	<b>4,75</b>
A10	3,12	2,87	0,87	0,27	0,01	<b>7,13</b>
A11	2,58	2,93	0,60	0,09	0,00	<b>6,20</b>
A12	1,53	1,20	0,36	0,02	0,00	<b>3,11</b>
A13	1,30	1,08	0,32	0,02	0,00	<b>2,72</b>
A14	1,53	0,99	0,22	0,02	0,00	<b>2,74</b>
A15	1,20	0,70	0,13	0,01	0,00	<b>2,04</b>
A16	0,92	0,45	0,08	0,01	0,00	<b>1,46</b>
A17	1,01	0,32	0,06	0,01	0,00	<b>1,40</b>
A18	0,48	0,81	0,04	0,01	0,00	<b>1,34</b>
A19	0,73	0,22	0,04	0,01	0,00	<b>0,99</b>
A20	0,62	0,26	0,04	0,01	0,00	<b>0,92</b>
A21	0,65	0,35	0,05	0,01	0,00	<b>1,05</b>
A22	0,79	0,39	0,05	0,01	0,00	<b>1,24</b>
A23	0,78	0,49	0,07	0,01	0,00	<b>1,34</b>
A24	0,89	0,65	0,12	0,01	0,00	<b>1,67</b>
A25	1,43	1,62	0,27	0,03	0,00	<b>3,35</b>
A26	3,45	3,01	0,86	0,30	0,01	<b>7,63</b>
A27	1,36	1,56	0,20	0,03	0,00	<b>3,16</b>
A28	0,88	0,67	0,15	0,01	0,00	<b>1,70</b>
A29	0,70	0,51	0,09	0,01	0,00	<b>1,31</b>
A30	0,67	0,39	0,07	0,01	0,00	<b>1,14</b>
A31	0,51	0,34	0,06	0,01	0,00	<b>0,91</b>
A32	0,46	0,28	0,06	0,01	0,00	<b>0,81</b>
A33	0,50	0,24	0,05	0,01	0,00	<b>0,81</b>
A34	0,37	0,54	0,05	0,01	0,00	<b>0,97</b>
TOTAL	<b>48,98</b>	<b>39,69</b>	<b>8,76</b>	<b>1,69</b>	<b>0,04</b>	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,09	2,56	1,47	0,82	0,06	<b>7,99</b>
Planar	7,63	5,65	2,74	0,80	0,03	<b>16,85</b>
A2	0,40	0,29	0,10	0,03	0,00	<b>0,82</b>
A3	0,38	0,18	0,09	0,03	0,00	<b>0,67</b>
A4	0,33	0,19	0,09	0,02	0,00	<b>0,64</b>
A5	0,38	0,24	0,11	0,02	0,00	<b>0,75</b>
A6	0,57	0,31	0,15	0,03	0,00	<b>1,06</b>
A7	0,67	0,44	0,22	0,03	0,00	<b>1,36</b>
A8	1,22	1,01	0,47	0,05	0,00	<b>2,76</b>
A9	1,83	1,75	0,78	0,20	0,01	<b>4,56</b>
A10	3,35	2,63	1,27	0,57	0,03	<b>7,86</b>
A11	2,48	2,43	1,04	0,22	0,01	<b>6,17</b>
A12	1,25	0,96	0,52	0,05	0,00	<b>2,79</b>
A13	1,06	0,93	0,54	0,08	0,00	<b>2,60</b>
A14	1,43	1,02	0,41	0,05	0,00	<b>2,90</b>
A15	1,24	0,76	0,25	0,03	0,00	<b>2,28</b>
A16	1,01	0,51	0,17	0,02	0,00	<b>1,71</b>
A17	1,14	0,43	0,13	0,02	0,00	<b>1,71</b>
A18	0,67	0,51	0,10	0,01	0,00	<b>1,28</b>
A19	0,86	0,27	0,08	0,01	0,00	<b>1,23</b>
A20	0,74	0,28	0,09	0,01	0,00	<b>1,12</b>
A21	0,76	0,35	0,10	0,01	0,00	<b>1,22</b>
A22	0,99	0,39	0,11	0,01	0,00	<b>1,50</b>
A23	0,96	0,45	0,14	0,01	0,00	<b>1,56</b>
A24	1,04	0,55	0,21	0,02	0,00	<b>1,82</b>
A25	1,66	1,26	0,53	0,07	0,00	<b>3,53</b>
A26	4,41	3,01	1,50	0,60	0,04	<b>9,55</b>
A27	1,65	1,20	0,41	0,10	0,00	<b>3,36</b>
A28	1,03	0,58	0,25	0,03	0,00	<b>1,90</b>
A29	0,83	0,45	0,18	0,03	0,00	<b>1,48</b>
A30	0,80	0,35	0,14	0,02	0,00	<b>1,31</b>
A31	0,55	0,30	0,11	0,02	0,00	<b>0,98</b>
A32	0,53	0,26	0,11	0,02	0,00	<b>0,92</b>
A33	0,55	0,23	0,10	0,03	0,00	<b>0,91</b>
A34	0,42	0,31	0,10	0,03	0,00	<b>0,85</b>
TOTAL	<b>47,89</b>	<b>33,03</b>	<b>14,78</b>	<b>4,11</b>	<b>0,19</b>	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,38	2,69	1,71	0,96	0,11	<b>7,84</b>
Planar	6,13	6,55	3,84	1,40	0,13	<b>18,04</b>
A2	0,34	0,32	0,14	0,05	0,00	<b>0,85</b>
A3	0,29	0,19	0,11	0,04	0,00	<b>0,62</b>
A4	0,24	0,20	0,12	0,03	0,00	<b>0,59</b>
A5	0,28	0,25	0,14	0,03	0,00	<b>0,69</b>
A6	0,42	0,33	0,19	0,04	0,00	<b>0,98</b>
A7	0,50	0,47	0,27	0,05	0,00	<b>1,29</b>
A8	0,91	1,07	0,63	0,09	0,01	<b>2,71</b>
A9	1,32	1,57	0,99	0,31	0,02	<b>4,20</b>
A10	2,42	2,51	1,57	0,84	0,07	<b>7,41</b>
A11	1,78	2,46	1,44	0,37	0,02	<b>6,05</b>
A12	0,88	0,89	0,58	0,09	0,01	<b>2,44</b>
A13	0,72	0,80	0,61	0,13	0,01	<b>2,26</b>
A14	1,09	1,06	0,53	0,10	0,01	<b>2,78</b>
A15	1,01	0,89	0,34	0,06	0,00	<b>2,31</b>
A16	0,83	0,60	0,23	0,04	0,00	<b>1,69</b>
A17	0,92	0,52	0,20	0,03	0,00	<b>1,66</b>
A18	0,63	0,56	0,15	0,02	0,00	<b>1,35</b>
A19	0,75	0,35	0,13	0,02	0,00	<b>1,25</b>
A20	0,64	0,36	0,13	0,02	0,00	<b>1,15</b>
A21	0,67	0,45	0,15	0,02	0,00	<b>1,28</b>
A22	0,86	0,50	0,17	0,02	0,00	<b>1,55</b>
A23	0,81	0,57	0,21	0,02	0,00	<b>1,61</b>
A24	0,82	0,66	0,31	0,03	0,00	<b>1,81</b>
A25	1,22	1,39	0,70	0,13	0,00	<b>3,45</b>
A26	3,63	3,52	1,98	0,97	0,09	<b>10,19</b>
A27	1,29	1,27	0,59	0,16	0,01	<b>3,32</b>
A28	0,82	0,69	0,35	0,05	0,00	<b>1,91</b>
A29	0,69	0,56	0,25	0,04	0,00	<b>1,54</b>
A30	0,66	0,45	0,20	0,03	0,00	<b>1,34</b>
A31	0,46	0,37	0,16	0,03	0,00	<b>1,02</b>
A32	0,44	0,33	0,15	0,04	0,00	<b>0,96</b>
A33	0,46	0,29	0,14	0,04	0,00	<b>0,94</b>
A34	0,37	0,36	0,14	0,05	0,00	<b>0,92</b>
TOTAL	<b>37,63</b>	<b>36,02</b>	<b>19,52</b>	<b>6,33</b>	<b>0,50</b>	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	1,82	3,03	2,27	1,25	0,21	<b>8,57</b>
Planar	4,61	7,40	5,23	2,22	0,34	<b>19,78</b>
A2	0,27	0,35	0,20	0,08	0,01	<b>0,92</b>
A3	0,20	0,21	0,14	0,05	0,01	<b>0,60</b>
A4	0,17	0,20	0,15	0,05	0,01	<b>0,57</b>
A5	0,18	0,25	0,17	0,05	0,01	<b>0,65</b>
A6	0,27	0,33	0,22	0,06	0,01	<b>0,88</b>
A7	0,32	0,46	0,32	0,08	0,01	<b>1,19</b>
A8	0,56	1,11	0,77	0,17	0,01	<b>2,62</b>
A9	0,78	1,33	1,05	0,42	0,05	<b>3,64</b>
A10	1,46	2,27	1,84	1,06	0,15	<b>6,78</b>
A11	1,04	2,26	1,80	0,58	0,04	<b>5,71</b>
A12	0,54	0,84	0,61	0,14	0,01	<b>2,14</b>
A13	0,45	0,67	0,59	0,18	0,02	<b>1,90</b>
A14	0,68	1,03	0,61	0,17	0,02	<b>2,51</b>
A15	0,66	0,94	0,44	0,10	0,01	<b>2,15</b>
A16	0,57	0,67	0,32	0,06	0,00	<b>1,63</b>
A17	0,64	0,57	0,29	0,05	0,00	<b>1,55</b>
A18	0,49	0,60	0,22	0,03	0,00	<b>1,34</b>
A19	0,54	0,42	0,20	0,03	0,00	<b>1,19</b>
A20	0,48	0,43	0,20	0,03	0,00	<b>1,14</b>
A21	0,52	0,53	0,23	0,03	0,00	<b>1,31</b>
A22	0,62	0,60	0,27	0,03	0,00	<b>1,53</b>
A23	0,56	0,68	0,33	0,04	0,00	<b>1,61</b>
A24	0,57	0,75	0,45	0,06	0,00	<b>1,83</b>
A25	0,75	1,42	0,93	0,22	0,01	<b>3,34</b>
A26	2,60	4,00	2,55	1,42	0,20	<b>10,76</b>
A27	0,88	1,34	0,78	0,26	0,02	<b>3,28</b>
A28	0,57	0,79	0,48	0,09	0,00	<b>1,93</b>
A29	0,48	0,65	0,37	0,07	0,00	<b>1,58</b>
A30	0,46	0,54	0,29	0,05	0,00	<b>1,35</b>
A31	0,34	0,43	0,23	0,05	0,00	<b>1,05</b>
A32	0,33	0,39	0,22	0,05	0,01	<b>1,00</b>
A33	0,35	0,35	0,21	0,06	0,01	<b>0,97</b>
A34	0,31	0,44	0,21	0,07	0,01	<b>1,03</b>
TOTAL	<b>26,07</b>	<b>38,27</b>	<b>25,20</b>	<b>9,30</b>	<b>1,16</b>	

## A.12 Class C: RaceHorses

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,63	2,64	1,31	0,69	0,05	11,32
Planar	12,39	4,46	1,49	0,29	0,00	18,63
A2	1,01	0,44	0,08	0,02	0,00	1,55
A3	1,22	0,24	0,07	0,01	0,00	1,54
A4	1,03	0,23	0,06	0,01	0,00	1,33
A5	1,10	0,26	0,06	0,01	0,00	1,43
A6	1,48	0,30	0,07	0,01	0,00	1,85
A7	1,26	0,31	0,07	0,01	0,00	1,65
A8	1,28	0,30	0,08	0,01	0,00	1,66
A9	1,03	0,27	0,04	0,01	0,00	1,36
A10	1,85	0,33	0,05	0,01	0,00	2,23
A11	1,01	0,26	0,04	0,01	0,00	1,32
A12	1,31	0,28	0,06	0,01	0,00	1,66
A13	1,42	0,27	0,05	0,00	0,00	1,74
A14	1,68	0,28	0,05	0,00	0,00	2,01
A15	1,43	0,28	0,05	0,00	0,00	1,76
A16	1,42	0,24	0,04	0,00	0,00	1,71
A17	1,86	0,25	0,05	0,00	0,00	2,17
A18	1,40	0,65	0,07	0,00	0,00	2,12
A19	2,23	0,38	0,08	0,00	0,00	2,69
A20	1,99	0,46	0,10	0,00	0,00	2,56
A21	2,15	0,61	0,13	0,00	0,00	2,89
A22	2,26	0,62	0,14	0,00	0,00	3,02
A23	2,07	0,65	0,15	0,01	0,00	2,87
A24	1,91	0,65	0,17	0,01	0,00	2,74
A25	1,51	0,61	0,10	0,01	0,00	2,23
A26	4,23	0,95	0,15	0,02	0,00	5,35
A27	1,40	0,57	0,11	0,01	0,00	2,09
A28	1,67	0,57	0,20	0,01	0,00	2,46
A29	1,64	0,57	0,18	0,01	0,00	2,40
A30	1,75	0,53	0,16	0,01	0,00	2,44
A31	1,48	0,48	0,14	0,01	0,00	2,09
A32	1,32	0,38	0,09	0,01	0,00	1,79
A33	1,41	0,30	0,07	0,01	0,00	1,78
A34	1,09	0,41	0,06	0,01	0,00	1,56
TOTAL	71,88	21,01	5,83	1,22	0,05	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,74	3,13	1,51	0,75	0,06	12,19
Planar	12,08	5,32	2,00	0,47	0,01	19,88
A2	1,01	0,50	0,12	0,02	0,00	1,65
A3	1,07	0,29	0,09	0,01	0,00	1,47
A4	0,86	0,27	0,09	0,01	0,00	1,23
A5	0,91	0,31	0,08	0,01	0,00	1,30
A6	1,22	0,34	0,09	0,01	0,00	1,65
A7	1,03	0,33	0,09	0,01	0,00	1,46
A8	1,03	0,31	0,09	0,01	0,00	1,43
A9	0,82	0,28	0,05	0,01	0,00	1,16
A10	1,47	0,36	0,07	0,01	0,00	1,90
A11	0,84	0,28	0,05	0,01	0,00	1,18
A12	1,08	0,31	0,08	0,01	0,00	1,48
A13	1,19	0,31	0,07	0,01	0,00	1,58
A14	1,47	0,34	0,07	0,00	0,00	1,89
A15	1,25	0,34	0,08	0,01	0,00	1,68
A16	1,28	0,30	0,07	0,01	0,00	1,66
A17	1,69	0,34	0,08	0,01	0,00	2,11
A18	1,43	0,72	0,10	0,01	0,00	2,27
A19	2,09	0,52	0,14	0,01	0,00	2,75
A20	1,80	0,60	0,16	0,01	0,00	2,56
A21	1,92	0,76	0,20	0,01	0,00	2,89
A22	2,11	0,79	0,22	0,01	0,00	3,13
A23	1,83	0,77	0,22	0,01	0,00	2,84
A24	1,65	0,76	0,23	0,01	0,00	2,66
A25	1,29	0,67	0,14	0,02	0,00	2,12
A26	4,07	1,22	0,25	0,03	0,00	5,57
A27	1,17	0,61	0,15	0,02	0,00	1,94
A28	1,41	0,65	0,25	0,02	0,00	2,33
A29	1,44	0,66	0,25	0,02	0,00	2,36
A30	1,59	0,61	0,21	0,02	0,00	2,43
A31	1,26	0,55	0,17	0,02	0,00	2,00
A32	1,19	0,44	0,14	0,01	0,00	1,77
A33	1,33	0,37	0,10	0,01	0,00	1,81
A34	1,11	0,49	0,09	0,01	0,00	1,70
TOTAL	65,70	24,85	7,77	1,61	0,07	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	7,38	4,19	2,13	0,71	0,05	14,46
Planar	11,85	6,60	2,63	0,62	0,03	21,72
A2	0,99	0,57	0,17	0,03	0,00	1,75
A3	0,87	0,32	0,13	0,02	0,00	1,33
A4	0,70	0,29	0,11	0,02	0,00	1,11
A5	0,75	0,33	0,10	0,02	0,00	1,19
A6	0,94	0,38	0,11	0,02	0,00	1,44
A7	0,81	0,37	0,11	0,01	0,00	1,30
A8	0,76	0,34	0,11	0,01	0,00	1,22
A9	0,62	0,30	0,06	0,02	0,00	1,00
A10	1,08	0,39	0,08	0,02	0,00	1,57
A11	0,64	0,29	0,06	0,01	0,00	1,00
A12	0,85	0,34	0,11	0,01	0,00	1,30
A13	0,95	0,35	0,10	0,01	0,00	1,41
A14	1,19	0,41	0,10	0,01	0,00	1,71
A15	1,05	0,41	0,10	0,01	0,00	1,56
A16	1,09	0,37	0,10	0,01	0,00	1,57
A17	1,36	0,42	0,12	0,01	0,00	1,91
A18	1,30	0,78	0,14	0,01	0,00	2,24
A19	1,68	0,63	0,19	0,01	0,00	2,51
A20	1,47	0,69	0,22	0,02	0,00	2,40
A21	1,55	0,87	0,27	0,02	0,00	2,71
A22	1,70	0,90	0,29	0,02	0,00	2,91
A23	1,47	0,88	0,30	0,02	0,00	2,68
A24	1,32	0,84	0,30	0,02	0,00	2,48
A25	0,99	0,71	0,18	0,02	0,00	1,90
A26	4,01	1,60	0,38	0,06	0,00	6,05
A27	0,89	0,65	0,18	0,03	0,00	1,75
A28	1,07	0,69	0,28	0,03	0,00	2,07
A29	1,15	0,71	0,28	0,03	0,00	2,17
A30	1,33	0,68	0,26	0,03	0,00	2,29
A31	1,05	0,60	0,21	0,03	0,00	1,89
A32	1,03	0,51	0,17	0,02	0,00	1,74
A33	1,22	0,45	0,14	0,02	0,00	1,83
A34	1,10	0,61	0,13	0,02	0,00	1,86
TOTAL	58,17	29,47	10,33	1,94	0,08	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,09	5,80	3,14	0,87	0,07	15,97
Planar	9,90	8,73	3,94	0,92	0,06	23,55
A2	0,84	0,66	0,23	0,04	0,00	1,78
A3	0,62	0,39	0,16	0,03	0,00	1,20
A4	0,46	0,33	0,15	0,03	0,00	0,96
A5	0,49	0,36	0,14	0,02	0,00	1,01
A6	0,63	0,42	0,14	0,02	0,00	1,21
A7	0,56	0,42	0,15	0,02	0,00	1,15
A8	0,49	0,38	0,15	0,03	0,00	1,04
A9	0,40	0,32	0,09	0,03	0,00	0,84
A10	0,71	0,44	0,14	0,03	0,00	1,32
A11	0,42	0,33	0,08	0,03	0,00	0,85
A12	0,59	0,40	0,14	0,02	0,00	1,14
A13	0,69	0,44	0,15	0,02	0,00	1,30
A14	0,86	0,50	0,14	0,02	0,00	1,53
A15	0,80	0,50	0,16	0,02	0,00	1,47
A16	0,81	0,47	0,15	0,02	0,00	1,45
A17	1,00	0,53	0,17	0,02	0,00	1,72
A18	1,06	0,88	0,22	0,02	0,00	2,19
A19	1,19	0,77	0,29	0,03	0,00	2,29
A20	1,12	0,84	0,33	0,03	0,00	2,32
A21	1,21	1,03	0,38	0,04	0,00	2,66
A22	1,27	1,06	0,42	0,04	0,00	2,80
A23	1,06	1,02	0,43	0,05	0,00	2,56
A24	0,90	0,94	0,42	0,05	0,00	2,31
A25	0,66	0,81	0,27	0,04	0,00	1,78
A26	3,51	2,41	0,73	0,12	0,00	6,76
A27	0,59	0,71	0,23	0,05	0,00	1,58
A28	0,71	0,75	0,35	0,05	0,00	1,86
A29	0,80	0,79	0,36	0,06	0,00	2,01
A30	0,93	0,81	0,32	0,05	0,00	2,11
A31	0,81	0,73	0,29	0,04	0,00	1,87
A32	0,79	0,62	0,24	0,04	0,00	1,70
A33	0,93	0,60	0,21	0,03	0,00	1,77
A34	0,96	0,76	0,22	0,03	0,00	1,97
TOTAL	44,85	36,93	15,12	2,96	0,14	

### A.13 Class C: BQMall

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,86	1,55	0,49	0,15	0,01	7,06
Planar	11,44	3,00	0,67	0,07	0,00	15,17
A2	0,73	0,21	0,03	0,00	0,00	0,97
A3	0,71	0,10	0,02	0,00	0,00	0,84
A4	0,67	0,12	0,03	0,00	0,00	0,81
A5	0,75	0,14	0,03	0,00	0,00	0,92
A6	1,18	0,19	0,03	0,00	0,00	1,40
A7	1,43	0,28	0,06	0,00	0,00	1,77
A8	2,17	0,58	0,11	0,01	0,00	2,87
A9	3,04	1,09	0,23	0,02	0,00	4,38
A10	5,31	1,33	0,21	0,02	0,00	6,87
A11	3,23	1,15	0,22	0,02	0,00	4,62
A12	2,21	0,56	0,10	0,01	0,00	2,87
A13	1,44	0,23	0,04	0,00	0,00	1,71
A14	1,21	0,16	0,03	0,00	0,00	1,39
A15	0,86	0,14	0,02	0,00	0,00	1,03
A16	0,79	0,10	0,02	0,00	0,00	0,91
A17	0,91	0,09	0,01	0,00	0,00	1,02
A18	0,67	0,23	0,02	0,00	0,00	0,92
A19	1,19	0,18	0,02	0,00	0,00	1,39
A20	1,07	0,20	0,03	0,00	0,00	1,30
A21	1,07	0,19	0,02	0,00	0,00	1,28
A22	1,53	0,25	0,03	0,00	0,00	1,82
A23	1,73	0,34	0,05	0,00	0,00	2,12
A24	2,03	0,50	0,10	0,00	0,00	2,63
A25	3,20	1,01	0,16	0,01	0,00	4,38
A26	8,42	3,18	0,88	0,10	0,00	12,58
A27	3,19	1,08	0,16	0,01	0,00	4,44
A28	2,10	0,54	0,12	0,00	0,00	2,76
A29	1,67	0,39	0,08	0,00	0,00	2,14
A30	1,44	0,26	0,04	0,00	0,00	1,74
A31	0,96	0,20	0,03	0,00	0,00	1,20
A32	0,78	0,14	0,02	0,00	0,00	0,94
A33	0,81	0,12	0,02	0,00	0,00	0,95
A34	0,62	0,18	0,02	0,00	0,00	0,82
TOTAL	75,38	19,99	4,15	0,46	0,01	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,98	1,96	0,62	0,18	0,01	7,74
Planar	11,71	4,04	1,03	0,13	0,00	16,91
A2	0,72	0,24	0,04	0,01	0,00	1,01
A3	0,61	0,12	0,03	0,01	0,00	0,76
A4	0,55	0,14	0,03	0,00	0,00	0,72
A5	0,63	0,17	0,03	0,00	0,00	0,84
A6	1,00	0,22	0,04	0,00	0,00	1,27
A7	1,21	0,34	0,07	0,00	0,00	1,63
A8	1,80	0,66	0,14	0,02	0,00	2,62
A9	2,55	1,20	0,27	0,04	0,00	4,06
A10	4,57	1,53	0,26	0,04	0,00	6,40
A11	2,77	1,35	0,30	0,03	0,00	4,45
A12	1,84	0,69	0,13	0,01	0,00	2,66
A13	1,23	0,27	0,04	0,00	0,00	1,54
A14	1,05	0,19	0,03	0,00	0,00	1,28
A15	0,75	0,17	0,03	0,00	0,00	0,94
A16	0,71	0,13	0,02	0,00	0,00	0,86
A17	0,80	0,11	0,02	0,00	0,00	0,94
A18	0,64	0,27	0,03	0,00	0,00	0,93
A19	1,04	0,22	0,04	0,00	0,00	1,31
A20	0,94	0,26	0,04	0,00	0,00	1,24
A21	0,96	0,25	0,03	0,00	0,00	1,24
A22	1,40	0,31	0,05	0,00	0,00	1,77
A23	1,53	0,43	0,08	0,00	0,00	2,04
A24	1,77	0,60	0,15	0,01	0,00	2,52
A25	2,83	1,16	0,24	0,02	0,00	4,25
A26	8,32	3,90	1,19	0,16	0,01	13,58
A27	2,81	1,27	0,25	0,02	0,00	4,35
A28	1,83	0,64	0,17	0,01	0,00	2,65
A29	1,50	0,47	0,10	0,01	0,00	2,08
A30	1,29	0,32	0,06	0,00	0,00	1,67
A31	0,84	0,24	0,04	0,00	0,00	1,12
A32	0,68	0,17	0,03	0,00	0,00	0,88
A33	0,73	0,14	0,03	0,00	0,00	0,90
A34	0,62	0,21	0,03	0,00	0,00	0,86
TOTAL	69,20	24,37	5,68	0,73	0,03	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,96	2,62	0,87	0,21	0,01	8,67
Planar	11,27	5,52	1,62	0,24	0,01	18,65
A2	0,74	0,32	0,06	0,01	0,00	1,14
A3	0,51	0,16	0,04	0,01	0,00	0,72
A4	0,45	0,17	0,05	0,00	0,00	0,68
A5	0,52	0,21	0,05	0,01	0,00	0,78
A6	0,79	0,28	0,05	0,00	0,00	1,13
A7	0,96	0,42	0,10	0,01	0,00	1,48
A8	1,38	0,79	0,19	0,02	0,00	2,38
A9	1,91	1,32	0,35	0,06	0,00	3,64
A10	3,51	1,74	0,41	0,06	0,01	5,72
A11	2,17	1,52	0,43	0,05	0,00	4,16
A12	1,47	0,80	0,20	0,01	0,00	2,48
A13	1,02	0,34	0,06	0,01	0,00	1,43
A14	0,88	0,25	0,05	0,00	0,00	1,18
A15	0,63	0,22	0,05	0,00	0,00	0,90
A16	0,62	0,18	0,04	0,00	0,00	0,84
A17	0,70	0,16	0,03	0,00	0,00	0,89
A18	0,57	0,32	0,04	0,00	0,00	0,94
A19	0,84	0,27	0,07	0,00	0,00	1,18
A20	0,78	0,31	0,08	0,00	0,00	1,18
A21	0,84	0,32	0,07	0,00	0,00	1,23
A22	1,22	0,42	0,09	0,00	0,00	1,74
A23	1,28	0,54	0,13	0,01	0,00	1,95
A24	1,46	0,74	0,21	0,01	0,00	2,43
A25	2,36	1,42	0,32	0,04	0,00	4,14
A26	7,47	4,68	1,61	0,26	0,02	14,04
A27	2,28	1,56	0,37	0,04	0,00	4,25
A28	1,54	0,78	0,25	0,02	0,00	2,59
A29	1,31	0,61	0,16	0,01	0,00	2,09
A30	1,10	0,41	0,09	0,01	0,00	1,61
A31	0,74	0,30	0,07	0,01	0,00	1,12
A32	0,61	0,21	0,05	0,01	0,00	0,87
A33	0,63	0,18	0,04	0,00	0,00	0,86
A34	0,60	0,28	0,04	0,00	0,00	0,93
TOTAL	60,11	30,36	8,33	1,13	0,06	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,38	3,65	1,45	0,34	0,03	9,85
Planar	9,48	7,58	2,80	0,50	0,04	20,40
A2	0,70	0,43	0,11	0,02	0,00	1,26
A3	0,40	0,21	0,07	0,01	0,00	0,69
A4	0,34	0,22	0,08	0,01	0,00	0,65
A5	0,37	0,25	0,07	0,01	0,00	0,70
A6	0,56	0,36	0,09	0,01	0,00	1,02
A7	0,66	0,52	0,16	0,01	0,00	1,36
A8	0,89	0,85	0,31	0,03	0,00	2,08
A9	1,23	1,32	0,51	0,11	0,00	3,17
A10	2,36	1,93	0,69	0,10	0,01	5,09
A11	1,52	1,59	0,62	0,09	0,00	3,83
A12	1,01	0,92	0,32	0,02	0,00	2,27
A13	0,74	0,45	0,11	0,01	0,00	1,31
A14	0,64	0,33	0,08	0,01	0,00	1,06
A15	0,50	0,31	0,08	0,01	0,00	0,89
A16	0,48	0,26	0,06	0,00	0,00	0,81
A17	0,51	0,23	0,07	0,01	0,00	0,81
A18	0,46	0,39	0,07	0,01	0,00	0,92
A19	0,59	0,31	0,11	0,01	0,00	1,02
A20	0,60	0,35	0,13	0,01	0,00	1,09
A21	0,65	0,41	0,12	0,01	0,00	1,19
A22	0,93	0,57	0,16	0,01	0,00	1,67
A23	0,97	0,70	0,23	0,02	0,00	1,91
A24	1,04	0,89	0,36	0,03	0,00	2,32
A25	1,64	1,67	0,51	0,08	0,00	3,90
A26	6,04	5,61	2,41	0,44	0,04	14,53
A27	1,57	1,79	0,62	0,09	0,00	4,08
A28	1,13	0,99	0,41	0,04	0,00	2,56
A29	1,04	0,84	0,28	0,03	0,00	2,18
A30	0,84	0,55	0,16	0,02	0,00	1,57
A31	0,57	0,40	0,11	0,01	0,00	1,09
A32	0,48	0,29	0,09	0,01	0,00	0,86
A33	0,51	0,25	0,07	0,01	0,00	0,83
A34	0,56	0,39	0,08	0,01	0,00	1,04
TOTAL	46,36	37,80	13,57	2,11	0,15	

### A.14 Class C: PartyScene

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,97	1,17	0,14	0,01	0,00	8,29
Planar	11,89	1,76	0,17	0,01	0,00	13,83
A2	1,36	0,19	0,01	0,00	0,00	1,56
A3	1,38	0,10	0,01	0,00	0,00	1,49
A4	1,27	0,10	0,01	0,00	0,00	1,37
A5	1,29	0,11	0,01	0,00	0,00	1,41
A6	1,41	0,13	0,01	0,00	0,00	1,54
A7	1,34	0,14	0,01	0,00	0,00	1,49
A8	1,70	0,19	0,02	0,00	0,00	1,91
A9	3,12	0,45	0,02	0,00	0,00	3,59
A10	7,16	1,89	0,24	0,01	0,00	9,30
A11	3,01	0,40	0,02	0,00	0,00	3,43
A12	1,66	0,15	0,01	0,00	0,00	1,83
A13	1,43	0,11	0,01	0,00	0,00	1,55
A14	1,61	0,12	0,01	0,00	0,00	1,73
A15	1,51	0,10	0,01	0,00	0,00	1,62
A16	1,57	0,08	0,01	0,00	0,00	1,65
A17	1,73	0,08	0,01	0,00	0,00	1,81
A18	1,28	0,20	0,01	0,00	0,00	1,49
A19	1,95	0,10	0,01	0,00	0,00	2,05
A20	1,77	0,11	0,01	0,00	0,00	1,88
A21	1,71	0,14	0,01	0,00	0,00	1,86
A22	2,35	0,18	0,01	0,00	0,00	2,54
A23	2,08	0,19	0,01	0,00	0,00	2,27
A24	2,23	0,22	0,02	0,00	0,00	2,46
A25	2,75	0,35	0,01	0,00	0,00	3,12
A26	5,76	1,10	0,07	0,00	0,00	6,93
A27	2,74	0,37	0,02	0,00	0,00	3,12
A28	2,28	0,23	0,02	0,00	0,00	2,53
A29	1,98	0,19	0,01	0,00	0,00	2,18
A30	2,02	0,15	0,01	0,00	0,00	2,18
A31	1,48	0,12	0,01	0,00	0,00	1,60
A32	1,39	0,10	0,01	0,00	0,00	1,49
A33	1,56	0,08	0,01	0,00	0,00	1,64
A34	1,13	0,14	0,00	0,00	0,00	1,27
TOTAL	87,81	11,25	0,91	0,02	0,00	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	7,23	1,59	0,21	0,01	0,00	9,04
Planar	12,58	2,58	0,30	0,01	0,00	15,47
A2	1,33	0,24	0,01	0,00	0,00	1,58
A3	1,19	0,13	0,01	0,00	0,00	1,33
A4	1,06	0,12	0,01	0,00	0,00	1,20
A5	1,08	0,15	0,01	0,00	0,00	1,24
A6	1,25	0,17	0,02	0,00	0,00	1,44
A7	1,17	0,18	0,02	0,00	0,00	1,37
A8	1,46	0,25	0,04	0,00	0,00	1,74
A9	2,73	0,62	0,06	0,00	0,00	3,41
A10	6,73	2,44	0,53	0,02	0,00	9,71
A11	2,75	0,54	0,04	0,00	0,00	3,33
A12	1,46	0,20	0,02	0,00	0,00	1,68
A13	1,27	0,15	0,01	0,00	0,00	1,43
A14	1,50	0,15	0,01	0,00	0,00	1,66
A15	1,34	0,14	0,01	0,00	0,00	1,50
A16	1,44	0,12	0,01	0,00	0,00	1,57
A17	1,60	0,12	0,01	0,00	0,00	1,73
A18	1,29	0,24	0,01	0,00	0,00	1,54
A19	1,82	0,14	0,01	0,00	0,00	1,97
A20	1,64	0,15	0,01	0,00	0,00	1,81
A21	1,55	0,19	0,01	0,00	0,00	1,75
A22	2,14	0,23	0,02	0,00	0,00	2,38
A23	1,84	0,23	0,02	0,00	0,00	2,09
A24	1,97	0,26	0,02	0,00	0,00	2,25
A25	2,52	0,44	0,02	0,00	0,00	2,98
A26	6,06	1,53	0,13	0,01	0,00	7,73
A27	2,50	0,47	0,03	0,00	0,00	2,99
A28	2,02	0,29	0,02	0,00	0,00	2,33
A29	1,75	0,24	0,02	0,00	0,00	2,01
A30	1,81	0,19	0,01	0,00	0,00	2,00
A31	1,32	0,16	0,01	0,00	0,00	1,49
A32	1,24	0,14	0,01	0,00	0,00	1,39
A33	1,43	0,12	0,01	0,00	0,00	1,55
A34	1,16	0,18	0,01	0,00	0,00	1,35
TOTAL	83,22	15,04	1,68	0,06	0,00	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	7,72	2,20	0,35	0,02	0,00	10,29
Planar	13,10	3,73	0,51	0,02	0,00	17,36
A2	1,31	0,30	0,03	0,00	0,00	1,64
A3	1,02	0,16	0,02	0,00	0,00	1,19
A4	0,87	0,15	0,02	0,00	0,00	1,03
A5	0,90	0,17	0,02	0,00	0,00	1,09
A6	1,08	0,21	0,03	0,00	0,00	1,31
A7	1,01	0,22	0,03	0,00	0,00	1,27
A8	1,22	0,34	0,07	0,00	0,00	1,63
A9	2,17	0,84	0,10	0,00	0,00	3,12
A10	5,51	3,17	0,86	0,04	0,00	9,58
A11	2,36	0,76	0,07	0,00	0,00	3,19
A12	1,29	0,26	0,04	0,00	0,00	1,59
A13	1,11	0,19	0,02	0,00	0,00	1,33
A14	1,33	0,21	0,02	0,00	0,00	1,55
A15	1,18	0,20	0,02	0,00	0,00	1,39
A16	1,28	0,17	0,01	0,00	0,00	1,46
A17	1,43	0,16	0,02	0,00	0,00	1,61
A18	1,27	0,30	0,02	0,00	0,00	1,58
A19	1,69	0,19	0,02	0,00	0,00	1,89
A20	1,51	0,20	0,02	0,00	0,00	1,73
A21	1,43	0,25	0,02	0,00	0,00	1,70
A22	1,91	0,28	0,03	0,00	0,00	2,21
A23	1,60	0,29	0,03	0,00	0,00	1,91
A24	1,70	0,32	0,04	0,00	0,00	2,05
A25	2,21	0,57	0,03	0,00	0,00	2,81
A26	5,98	2,17	0,21	0,01	0,00	8,37
A27	2,19	0,59	0,05	0,00	0,00	2,83
A28	1,70	0,35	0,04	0,00	0,00	2,09
A29	1,51	0,30	0,03	0,00	0,00	1,84
A30	1,53	0,23	0,02	0,00	0,00	1,78
A31	1,15	0,22	0,02	0,00	0,00	1,39
A32	1,09	0,17	0,02	0,00	0,00	1,28
A33	1,30	0,16	0,02	0,00	0,00	1,47
A34	1,18	0,26	0,01	0,00	0,00	1,45
TOTAL	76,81	20,26	2,82	0,11	0,00	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	8,07	3,52	0,71	0,04	0,00	12,34
Planar	13,20	5,86	1,07	0,06	0,00	20,19
A2	1,17	0,41	0,06	0,00	0,00	1,63
A3	0,75	0,21	0,03	0,00	0,00	0,99
A4	0,63	0,19	0,03	0,00	0,00	0,85
A5	0,66	0,22	0,03	0,00	0,00	0,91
A6	0,80	0,26	0,04	0,00	0,00	1,11
A7	0,75	0,28	0,06	0,00	0,00	1,08
A8	0,90	0,43	0,11	0,01	0,00	1,45
A9	1,58	1,22	0,21	0,00	0,00	3,02
A10	4,29	3,74	1,35	0,10	0,00	9,49
A11	1,74	1,16	0,18	0,00	0,00	3,08
A12	0,98	0,37	0,06	0,00	0,00	1,40
A13	0,86	0,29	0,04	0,00	0,00	1,19
A14	0,98	0,29	0,04	0,00	0,00	1,31
A15	0,89	0,29	0,04	0,00	0,00	1,22
A16	1,00	0,23	0,03	0,00	0,00	1,27
A17	1,09	0,23	0,03	0,00	0,00	1,36
A18	1,12	0,38	0,03	0,00	0,00	1,53
A19	1,34	0,28	0,04	0,00	0,00	1,65
A20	1,22	0,30	0,04	0,00	0,00	1,57
A21	1,18	0,37	0,05	0,00	0,00	1,60
A22	1,47	0,41	0,05	0,00	0,00	1,93
A23	1,21	0,41	0,06	0,00	0,00	1,68
A24	1,24	0,43	0,07	0,00	0,00	1,73
A25	1,60	0,77	0,07	0,00	0,00	2,44
A26	5,90	3,22	0,41	0,03	0,00	9,56
A27	1,59	0,80	0,09	0,00	0,00	2,48
A28	1,21	0,47	0,08	0,00	0,00	1,76
A29	1,13	0,41	0,06	0,00	0,00	1,60
A30	1,13	0,30	0,04	0,00	0,00	1,47
A31	0,90	0,30	0,04	0,00	0,00	1,23
A32	0,82	0,23	0,03	0,00	0,00	1,09
A33	1,05	0,24	0,03	0,00	0,00	1,32
A34	1,11	0,37	0,03	0,00	0,00	1,51
TOTAL	65,52	28,88	5,33	0,28	0,00	

### A.15 Class C: Basketball Drill

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,53	1,29	0,17	0,03	0,00	7,01
Planar	8,89	1,66	0,16	0,01	0,00	10,71
A2	0,75	0,18	0,01	0,00	0,00	0,95
A3	0,81	0,11	0,01	0,00	0,00	0,93
A4	0,95	0,17	0,02	0,00	0,00	1,14
A5	1,11	0,25	0,02	0,00	0,00	1,37
A6	2,11	0,76	0,09	0,00	0,00	2,96
A7	1,86	0,66	0,08	0,00	0,00	2,60
A8	0,85	0,13	0,01	0,00	0,00	0,99
A9	0,55	0,11	0,01	0,00	0,00	0,67
A10	1,08	0,13	0,01	0,00	0,00	1,22
A11	0,49	0,10	0,01	0,00	0,00	0,59
A12	0,68	0,11	0,01	0,00	0,00	0,80
A13	0,83	0,12	0,01	0,00	0,00	0,96
A14	1,06	0,15	0,01	0,00	0,00	1,22
A15	1,21	0,20	0,01	0,00	0,00	1,43
A16	2,68	0,50	0,08	0,00	0,00	3,26
A17	4,92	1,05	0,18	0,01	0,00	6,16
A18	9,04	2,01	0,28	0,00	0,00	11,33
A19	7,06	1,49	0,18	0,01	0,00	8,73
A20	5,66	1,34	0,18	0,01	0,00	7,18
A21	4,64	1,48	0,17	0,00	0,00	6,28
A22	4,52	1,17	0,13	0,00	0,00	5,81
A23	3,04	0,79	0,07	0,00	0,00	3,90
A24	1,22	0,22	0,02	0,00	0,00	1,47
A25	0,75	0,15	0,01	0,00	0,00	0,91
A26	1,66	0,22	0,01	0,00	0,00	1,89
A27	0,64	0,15	0,01	0,00	0,00	0,80
A28	0,98	0,18	0,02	0,00	0,00	1,17
A29	1,02	0,17	0,02	0,00	0,00	1,20
A30	0,99	0,16	0,02	0,00	0,00	1,17
A31	0,69	0,12	0,01	0,00	0,00	0,82
A32	0,66	0,10	0,01	0,00	0,00	0,77
A33	0,77	0,09	0,01	0,00	0,00	0,87
A34	0,61	0,14	0,01	0,00	0,00	0,76
TOTAL	80,29	17,61	2,02	0,08	0,00	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,95	2,51	0,45	0,13	0,00	8,04
Planar	8,87	3,53	0,45	0,04	0,00	12,88
A2	0,75	0,27	0,03	0,00	0,00	1,06
A3	0,79	0,17	0,03	0,00	0,00	0,99
A4	0,96	0,33	0,05	0,00	0,00	1,33
A5	0,98	0,40	0,06	0,00	0,00	1,43
A6	1,94	1,32	0,23	0,03	0,00	3,53
A7	1,67	0,96	0,14	0,00	0,00	2,77
A8	0,73	0,19	0,03	0,00	0,00	0,95
A9	0,46	0,17	0,01	0,00	0,00	0,65
A10	0,86	0,21	0,02	0,00	0,00	1,09
A11	0,42	0,15	0,01	0,00	0,00	0,58
A12	0,54	0,18	0,02	0,00	0,00	0,74
A13	0,71	0,22	0,02	0,00	0,00	0,95
A14	0,94	0,27	0,02	0,00	0,00	1,23
A15	0,94	0,42	0,04	0,00	0,00	1,39
A16	1,74	0,81	0,16	0,01	0,00	2,71
A17	3,24	1,51	0,31	0,04	0,00	5,09
A18	6,26	2,88	0,55	0,04	0,00	9,73
A19	4,89	2,24	0,40	0,04	0,00	7,57
A20	4,06	1,99	0,38	0,02	0,00	6,45
A21	3,56	2,11	0,37	0,02	0,00	6,06
A22	3,83	1,67	0,27	0,02	0,00	5,80
A23	2,78	1,19	0,15	0,01	0,00	4,13
A24	0,96	0,33	0,05	0,00	0,00	1,34
A25	0,64	0,23	0,02	0,00	0,00	0,88
A26	1,91	0,46	0,04	0,00	0,00	2,41
A27	0,58	0,22	0,02	0,00	0,00	0,82
A28	0,95	0,27	0,03	0,00	0,00	1,25
A29	1,01	0,24	0,03	0,00	0,00	1,28
A30	1,01	0,25	0,03	0,00	0,00	1,29
A31	0,67	0,19	0,03	0,00	0,00	0,89
A32	0,66	0,17	0,03	0,00	0,00	0,86
A33	0,77	0,15	0,02	0,00	0,00	0,94
A34	0,65	0,24	0,02	0,00	0,00	0,91
TOTAL	66,67	28,40	4,50	0,43	0,00	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,68	3,65	1,24	0,27	0,00	8,85
Planar	7,15	5,71	1,36	0,14	0,00	14,37
A2	0,80	0,39	0,09	0,01	0,00	1,28
A3	0,79	0,27	0,07	0,01	0,00	1,13
A4	0,88	0,58	0,13	0,01	0,00	1,59
A5	0,92	0,60	0,13	0,01	0,00	1,66
A6	1,72	1,80	0,65	0,12	0,00	4,28
A7	1,48	1,32	0,30	0,01	0,00	3,11
A8	0,65	0,26	0,07	0,00	0,00	0,98
A9	0,43	0,22	0,03	0,00	0,00	0,68
A10	0,71	0,30	0,05	0,00	0,00	1,06
A11	0,37	0,21	0,03	0,00	0,00	0,61
A12	0,48	0,24	0,06	0,00	0,00	0,78
A13	0,56	0,30	0,05	0,00	0,00	0,91
A14	0,86	0,39	0,08	0,00	0,00	1,33
A15	0,77	0,53	0,14	0,01	0,00	1,44
A16	1,23	0,85	0,30	0,03	0,00	2,40
A17	2,14	1,60	0,62	0,08	0,00	4,44
A18	3,44	2,89	1,15	0,12	0,00	7,59
A19	2,37	2,29	0,85	0,11	0,00	5,61
A20	2,25	2,32	0,80	0,06	0,00	5,43
A21	2,21	2,28	0,75	0,06	0,00	5,30
A22	3,13	1,88	0,53	0,05	0,00	5,58
A23	2,51	1,59	0,36	0,03	0,00	4,49
A24	0,80	0,44	0,11	0,01	0,00	1,36
A25	0,59	0,30	0,05	0,00	0,00	0,94
A26	1,85	0,94	0,15	0,01	0,00	2,94
A27	0,56	0,30	0,04	0,00	0,00	0,90
A28	0,98	0,40	0,08	0,00	0,00	1,47
A29	1,09	0,38	0,07	0,00	0,00	1,55
A30	1,10	0,40	0,07	0,00	0,00	1,58
A31	0,73	0,30	0,07	0,00	0,00	1,10
A32	0,67	0,28	0,06	0,00	0,00	1,00
A33	0,78	0,25	0,06	0,00	0,00	1,09
A34	0,72	0,41	0,06	0,00	0,00	1,19
TOTAL	51,36	36,84	10,62	1,18	0,01	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,95	3,68	2,11	0,62	0,01	9,38
Planar	5,69	6,45	2,88	0,49	0,01	15,51
A2	0,76	0,53	0,16	0,03	0,00	1,49
A3	0,60	0,41	0,13	0,02	0,00	1,17
A4	0,60	0,67	0,32	0,04	0,00	1,63
A5	0,66	0,74	0,27	0,02	0,00	1,69
A6	1,22	2,04	1,13	0,30	0,01	4,69
A7	1,26	1,58	0,58	0,03	0,00	3,45
A8	0,59	0,33	0,11	0,01	0,00	1,04
A9	0,32	0,25	0,06	0,01	0,00	0,65
A10	0,58	0,35	0,10	0,01	0,00	1,04
A11	0,26	0,24	0,05	0,01	0,00	0,56
A12	0,41	0,31	0,11	0,01	0,00	0,83
A13	0,41	0,34	0,13	0,01	0,00	0,88
A14	0,69	0,43	0,17	0,02	0,00	1,31
A15	0,81	0,55	0,22	0,02	0,00	1,60
A16	1,03	0,75	0,41	0,07	0,00	2,26
A17	1,77	1,43	0,83	0,12	0,00	4,15
A18	2,45	1,95	1,48	0,29	0,01	6,18
A19	1,30	1,59	1,19	0,21	0,00	4,29
A20	1,30	2,08	1,30	0,16	0,00	4,84
A21	1,43	1,92	1,11	0,17	0,00	4,63
A22	2,25	2,31	0,73	0,12	0,00	5,41
A23	1,77	2,25	0,59	0,09	0,00	4,69
A24	0,61	0,57	0,18	0,02	0,00	1,38
A25	0,46	0,37	0,08	0,01	0,00	0,92
A26	1,60	1,30	0,40	0,04	0,00	3,34
A27	0,49	0,39	0,10	0,01	0,00	0,99
A28	0,92	0,53	0,15	0,01	0,00	1,62
A29	1,02	0,56	0,13	0,01	0,00	1,72
A30	0,99	0,59	0,14	0,01	0,00	1,74
A31	0,73	0,44	0,13	0,01	0,00	1,31
A32	0,61	0,37	0,12	0,01	0,00	1,11
A33	0,75	0,33	0,11	0,02	0,00	1,20
A34	0,64	0,55	0,13	0,02	0,00	1,33
TOTAL	39,91	39,17	17,82	3,05	0,05	

# A.16 Class D: RacingHorses

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,44	1,49	0,44	0,06	0,00	8,43
Planar	11,09	3,79	0,85	0,17	0,00	15,90
A2	1,15	0,46	0,06	0,01	0,00	1,68
A3	1,20	0,25	0,04	0,01	0,00	1,49
A4	0,95	0,22	0,04	0,00	0,00	1,21
A5	0,94	0,25	0,04	0,00	0,00	1,22
A6	1,34	0,24	0,04	0,00	0,00	1,62
A7	1,17	0,25	0,05	0,00	0,00	1,47
A8	1,07	0,23	0,06	0,01	0,00	1,36
A9	0,92	0,22	0,02	0,01	0,00	1,17
A10	2,07	0,31	0,03	0,00	0,00	2,42
A11	0,88	0,20	0,02	0,01	0,00	1,11
A12	1,12	0,23	0,05	0,00	0,00	1,40
A13	1,27	0,22	0,03	0,00	0,00	1,52
A14	1,56	0,22	0,03	0,00	0,00	1,80
A15	1,36	0,23	0,03	0,00	0,00	1,62
A16	1,44	0,20	0,03	0,00	0,00	1,67
A17	2,03	0,23	0,02	0,00	0,00	2,28
A18	1,78	0,62	0,03	0,00	0,00	2,44
A19	2,80	0,40	0,04	0,00	0,00	3,24
A20	2,17	0,43	0,05	0,00	0,00	2,65
A21	2,35	0,59	0,05	0,00	0,00	2,99
A22	3,09	0,68	0,06	0,00	0,00	3,83
A23	2,71	0,68	0,08	0,00	0,00	3,47
A24	2,49	0,73	0,10	0,00	0,00	3,32
A25	1,98	0,66	0,05	0,01	0,00	2,70
A26	4,58	0,97	0,08	0,01	0,00	5,63
A27	1,84	0,64	0,05	0,00	0,00	2,53
A28	2,15	0,66	0,10	0,00	0,00	2,92
A29	2,13	0,64	0,10	0,00	0,00	2,87
A30	2,37	0,60	0,09	0,00	0,00	3,06
A31	1,63	0,47	0,06	0,00	0,00	2,16
A32	1,47	0,34	0,04	0,00	0,00	1,85
A33	1,66	0,28	0,03	0,00	0,00	1,98
A34	1,23	0,36	0,02	0,00	0,00	1,61
TOTAL	76,42	18,97	2,89	0,32	0,00	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,38	3,00	1,20	0,32	0,02	10,91
Planar	11,78	4,81	1,23	0,20	0,00	18,01
A2	1,16	0,53	0,07	0,01	0,00	1,76
A3	1,07	0,29	0,06	0,00	0,00	1,42
A4	0,81	0,26	0,05	0,00	0,00	1,12
A5	0,82	0,28	0,05	0,00	0,00	1,15
A6	1,14	0,29	0,05	0,00	0,00	1,48
A7	1,00	0,28	0,06	0,00	0,00	1,35
A8	0,94	0,24	0,06	0,01	0,00	1,24
A9	0,79	0,24	0,03	0,01	0,00	1,07
A10	1,77	0,36	0,04	0,00	0,00	2,17
A11	0,78	0,23	0,03	0,01	0,00	1,05
A12	0,95	0,26	0,06	0,00	0,00	1,28
A13	1,11	0,26	0,04	0,00	0,00	1,41
A14	1,41	0,27	0,04	0,00	0,00	1,72
A15	1,28	0,30	0,04	0,00	0,00	1,63
A16	1,35	0,27	0,04	0,00	0,00	1,65
A17	1,82	0,30	0,03	0,00	0,00	2,15
A18	1,68	0,68	0,05	0,00	0,00	2,41
A19	2,53	0,51	0,06	0,00	0,00	3,11
A20	2,04	0,55	0,07	0,00	0,00	2,67
A21	2,19	0,71	0,08	0,00	0,00	2,98
A22	2,71	0,81	0,11	0,00	0,00	3,62
A23	2,32	0,79	0,12	0,00	0,00	3,22
A24	2,16	0,84	0,14	0,00	0,00	3,14
A25	1,67	0,75	0,09	0,01	0,00	2,51
A26	4,32	1,21	0,13	0,02	0,00	5,67
A27	1,56	0,68	0,07	0,00	0,00	2,32
A28	1,78	0,72	0,13	0,00	0,00	2,64
A29	1,82	0,71	0,14	0,00	0,00	2,67
A30	1,97	0,67	0,12	0,00	0,00	2,77
A31	1,46	0,54	0,09	0,00	0,00	2,10
A32	1,35	0,41	0,06	0,00	0,00	1,83
A33	1,62	0,35	0,05	0,00	0,00	2,03
A34	1,27	0,45	0,04	0,00	0,00	1,76
TOTAL	70,82	23,81	4,72	0,64	0,02	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,46	3,95	1,58	0,37	0,02	12,38
Planar	11,86	6,41	1,81	0,26	0,01	20,35
A2	1,16	0,58	0,11	0,01	0,00	1,86
A3	0,85	0,33	0,08	0,01	0,00	1,27
A4	0,66	0,29	0,07	0,01	0,00	1,01
A5	0,68	0,30	0,06	0,00	0,00	1,04
A6	0,95	0,33	0,07	0,00	0,00	1,35
A7	0,82	0,34	0,08	0,00	0,00	1,24
A8	0,74	0,29	0,09	0,00	0,00	1,12
A9	0,63	0,26	0,05	0,01	0,00	0,95
A10	1,40	0,43	0,07	0,00	0,00	1,90
A11	0,67	0,27	0,05	0,01	0,00	1,00
A12	0,79	0,30	0,08	0,01	0,00	1,18
A13	0,94	0,32	0,06	0,00	0,00	1,32
A14	1,22	0,35	0,06	0,00	0,00	1,63
A15	1,12	0,36	0,07	0,00	0,00	1,55
A16	1,25	0,34	0,06	0,00	0,00	1,66
A17	1,54	0,40	0,06	0,00	0,00	2,00
A18	1,57	0,75	0,08	0,00	0,00	2,40
A19	2,10	0,63	0,11	0,00	0,00	2,84
A20	1,76	0,70	0,12	0,00	0,00	2,58
A21	1,94	0,88	0,13	0,00	0,00	2,95
A22	2,16	0,94	0,17	0,01	0,00	3,27
A23	1,87	0,94	0,18	0,01	0,00	2,99
A24	1,64	0,95	0,22	0,00	0,00	2,82
A25	1,29	0,85	0,12	0,01	0,00	2,26
A26	4,14	1,77	0,22	0,02	0,00	6,15
A27	1,17	0,74	0,11	0,01	0,00	2,02
A28	1,39	0,80	0,19	0,01	0,00	2,40
A29	1,40	0,79	0,20	0,01	0,00	2,40
A30	1,57	0,74	0,16	0,01	0,00	2,48
A31	1,29	0,63	0,13	0,00	0,00	2,04
A32	1,19	0,48	0,10	0,00	0,00	1,78
A33	1,40	0,43	0,08	0,00	0,00	1,91
A34	1,31	0,56	0,07	0,00	0,00	1,94
TOTAL	62,92	29,38	6,87	0,80	0,03	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,05	5,13	2,18	0,46	0,02	12,83
Planar	9,67	8,83	3,13	0,51	0,02	22,17
A2	0,97	0,67	0,19	0,02	0,00	1,85
A3	0,66	0,39	0,11	0,01	0,00	1,17
A4	0,51	0,32	0,12	0,01	0,00	0,96
A5	0,51	0,32	0,10	0,01	0,00	0,92
A6	0,69	0,43	0,12	0,01	0,00	1,26
A7	0,59	0,40	0,14	0,01	0,00	1,14
A8	0,53	0,35	0,14	0,02	0,00	1,05
A9	0,43	0,30	0,10	0,03	0,00	0,86
A10	1,02	0,54	0,17	0,03	0,00	1,75
A11	0,48	0,33	0,09	0,03	0,00	0,94
A12	0,57	0,39	0,14	0,02	0,00	1,12
A13	0,69	0,40	0,13	0,01	0,00	1,24
A14	0,93	0,46	0,11	0,01	0,00	1,51
A15	0,91	0,49	0,13	0,01	0,00	1,53
A16	1,01	0,45	0,12	0,00	0,00	1,58
A17	1,18	0,52	0,13	0,01	0,00	1,83
A18	1,28	0,90	0,15	0,00	0,00	2,33
A19	1,53	0,83	0,20	0,01	0,00	2,57
A20	1,40	0,94	0,23	0,01	0,00	2,58
A21	1,58	1,14	0,27	0,01	0,00	2,99
A22	1,56	1,21	0,30	0,01	0,00	3,07
A23	1,34	1,21	0,34	0,02	0,00	2,90
A24	1,12	1,17	0,40	0,02	0,00	2,70
A25	0,88	0,98	0,24	0,02	0,00	2,11
A26	3,44	2,72	0,59	0,05	0,00	6,80
A27	0,77	0,83	0,23	0,02	0,00	1,84
A28	0,91	0,92	0,33	0,02	0,00	2,18
A29	0,98	0,96	0,30	0,02	0,00	2,26
A30	1,15	0,92	0,27	0,02	0,00	2,35
A31	0,96	0,78	0,22	0,01	0,00	1,97
A32	0,92	0,65	0,19	0,01	0,00	1,76
A33	1,10	0,57	0,14	0,01	0,00	1,82
A34	1,20	0,74	0,14	0,01	0,00	2,08
TOTAL	48,49	38,17	11,86	1,43	0,05	

### A.17 Class D: BQSquare

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,44	1,49	0,44	0,06	0,00	8,43
Planar	9,57	1,17	0,17	0,01	0,00	10,91
A2	1,41	0,21	0,02	0,00	0,00	1,64
A3	1,85	0,13	0,02	0,00	0,00	2,00
A4	2,28	0,28	0,03	0,00	0,00	2,59
A5	2,76	0,41	0,06	0,00	0,00	3,23
A6	3,66	0,42	0,04	0,00	0,00	4,12
A7	2,88	0,24	0,03	0,00	0,00	3,15
A8	2,51	0,22	0,03	0,00	0,00	2,76
A9	2,25	0,25	0,01	0,00	0,00	2,51
A10	3,71	0,37	0,02	0,00	0,00	4,10
A11	3,04	0,64	0,18	0,01	0,00	3,86
A12	2,32	0,19	0,02	0,00	0,00	2,52
A13	2,34	0,22	0,01	0,00	0,00	2,57
A14	3,06	0,33	0,03	0,00	0,00	3,41
A15	2,11	0,22	0,01	0,00	0,00	2,34
A16	1,67	0,12	0,01	0,00	0,00	1,80
A17	1,73	0,08	0,01	0,00	0,00	1,81
A18	1,20	0,15	0,01	0,00	0,00	1,36
A19	1,42	0,07	0,01	0,00	0,00	1,49
A20	1,33	0,07	0,01	0,00	0,00	1,41
A21	1,37	0,08	0,01	0,00	0,00	1,45
A22	2,10	0,12	0,01	0,00	0,00	2,22
A23	2,78	0,21	0,02	0,00	0,00	3,01
A24	3,54	0,47	0,12	0,01	0,00	4,14
A25	2,75	0,30	0,02	0,00	0,00	3,07
A26	3,84	0,24	0,01	0,00	0,00	4,09
A27	2,18	0,18	0,00	0,00	0,00	2,37
A28	2,34	0,15	0,01	0,00	0,00	2,50
A29	1,86	0,10	0,01	0,00	0,00	1,96
A30	1,66	0,07	0,01	0,00	0,00	1,74
A31	1,29	0,08	0,01	0,00	0,00	1,39
A32	1,17	0,07	0,02	0,00	0,00	1,25
A33	1,32	0,07	0,01	0,00	0,00	1,41
A34	1,25	0,15	0,01	0,00	0,00	1,41
TOTAL	88,96	9,53	1,40	0,11	0,00	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,41	1,44	0,56	0,14	0,00	8,54
Planar	10,67	1,54	0,33	0,03	0,00	12,58
A2	1,51	0,24	0,05	0,00	0,00	1,80
A3	1,75	0,18	0,04	0,00	0,00	1,97
A4	1,98	0,30	0,07	0,01	0,00	2,36
A5	2,45	0,40	0,10	0,01	0,00	2,95
A6	3,48	0,53	0,08	0,00	0,00	4,09
A7	2,79	0,31	0,05	0,00	0,00	3,15
A8	2,33	0,28	0,05	0,00	0,00	2,67
A9	1,96	0,27	0,04	0,00	0,00	2,27
A10	3,59	0,49	0,06	0,00	0,00	4,14
A11	2,88	0,79	0,31	0,02	0,00	4,00
A12	2,06	0,23	0,03	0,00	0,00	2,33
A13	2,00	0,24	0,02	0,00	0,00	2,27
A14	2,26	0,32	0,04	0,00	0,00	2,61
A15	1,72	0,25	0,02	0,00	0,00	2,00
A16	1,56	0,16	0,02	0,00	0,00	1,74
A17	1,60	0,12	0,01	0,00	0,00	1,73
A18	1,24	0,16	0,01	0,00	0,00	1,41
A19	1,35	0,10	0,01	0,00	0,00	1,46
A20	1,29	0,09	0,01	0,00	0,00	1,39
A21	1,28	0,09	0,01	0,00	0,00	1,37
A22	1,97	0,14	0,02	0,00	0,00	2,13
A23	2,52	0,25	0,04	0,00	0,00	2,81
A24	3,56	0,58	0,15	0,01	0,00	4,30
A25	2,70	0,38	0,06	0,00	0,00	3,14
A26	4,14	0,37	0,04	0,01	0,00	4,56
A27	2,18	0,23	0,02	0,00	0,00	2,43
A28	2,42	0,20	0,02	0,00	0,00	2,64
A29	1,87	0,14	0,02	0,00	0,00	2,03
A30	1,67	0,10	0,02	0,00	0,00	1,78
A31	1,23	0,09	0,02	0,00	0,00	1,34
A32	1,09	0,07	0,02	0,00	0,00	1,19
A33	1,24	0,08	0,02	0,00	0,00	1,35
A34	1,31	0,16	0,03	0,00	0,00	1,50
TOTAL	86,05	11,32	2,36	0,26	0,00	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,98	1,69	0,51	0,17	0,01	9,35
Planar	11,94	2,10	0,53	0,07	0,00	14,65
A2	1,65	0,32	0,07	0,01	0,00	2,05
A3	1,61	0,24	0,05	0,01	0,00	1,90
A4	1,77	0,35	0,10	0,01	0,00	2,23
A5	2,18	0,46	0,13	0,02	0,00	2,79
A6	3,23	0,61	0,13	0,01	0,00	3,98
A7	2,57	0,41	0,07	0,01	0,00	3,06
A8	2,09	0,34	0,08	0,01	0,00	2,51
A9	1,67	0,29	0,05	0,01	0,00	2,03
A10	3,15	0,59	0,10	0,01	0,00	3,86
A11	2,57	0,92	0,44	0,05	0,00	3,98
A12	1,80	0,27	0,04	0,00	0,00	2,11
A13	1,76	0,25	0,02	0,00	0,00	2,04
A14	1,83	0,20	0,02	0,00	0,00	2,05
A15	1,34	0,20	0,03	0,00	0,00	1,56
A16	1,38	0,19	0,03	0,00	0,00	1,59
A17	1,46	0,16	0,02	0,00	0,00	1,64
A18	1,14	0,17	0,02	0,00	0,00	1,34
A19	1,28	0,12	0,02	0,00	0,00	1,42
A20	1,22	0,11	0,02	0,00	0,00	1,35
A21	1,18	0,12	0,02	0,00	0,00	1,32
A22	1,88	0,16	0,03	0,00	0,00	2,07
A23	2,32	0,25	0,05	0,00	0,00	2,61
A24	3,33	0,56	0,11	0,00	0,00	4,00
A25	2,55	0,40	0,07	0,00	0,00	3,02
A26	4,34	0,49	0,10	0,01	0,00	4,94
A27	2,11	0,27	0,03	0,00	0,00	2,41
A28	2,33	0,27	0,05	0,00	0,00	2,65
A29	1,82	0,18	0,03	0,00	0,00	2,04
A30	1,66	0,15	0,03	0,00	0,00	1,83
A31	1,15	0,12	0,03	0,01	0,00	1,31
A32	1,02	0,09	0,03	0,01	0,00	1,14
A33	1,22	0,12	0,04	0,01	0,00	1,39
A34	1,47	0,25	0,07	0,01	0,00	1,79
TOTAL	82,99	13,41	3,13	0,46	0,01	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	7,77	2,36	0,59	0,13	0,00	10,85
Planar	13,25	3,16	0,86	0,16	0,00	17,43
A2	1,63	0,40	0,09	0,03	0,00	2,15
A3	1,38	0,31	0,08	0,02	0,00	1,79
A4	1,44	0,42	0,13	0,03	0,00	2,02
A5	1,86	0,61	0,18	0,04	0,00	2,70
A6	2,82	0,73	0,16	0,02	0,00	3,73
A7	2,24	0,53	0,08	0,01	0,00	2,86
A8	1,68	0,41	0,08	0,01	0,00	2,19
A9	1,33	0,34	0,06	0,01	0,00	1,74
A10	2,62	0,70	0,14	0,03	0,00	3,50
A11	2,18	1,00	0,56	0,09	0,00	3,83
A12	1,50	0,32	0,05	0,01	0,00	1,87
A13	1,51	0,32	0,03	0,00	0,00	1,86
A14	1,58	0,23	0,03	0,00	0,00	1,84
A15	1,17	0,21	0,03	0,00	0,00	1,41
A16	1,15	0,19	0,04	0,00	0,00	1,38
A17	1,20	0,18	0,03	0,00	0,00	1,42
A18	1,04	0,21	0,03	0,00	0,00	1,28
A19	1,12	0,14	0,03	0,00	0,00	1,28
A20	1,05	0,13	0,03	0,00	0,00	1,21
A21	1,09	0,15	0,03	0,00	0,00	1,27
A22	1,67	0,19	0,03	0,00	0,00	1,89
A23	2,11	0,35	0,06	0,00	0,00	2,51
A24	2,93	0,69	0,11	0,00	0,00	3,72
A25	2,25	0,48	0,09	0,00	0,00	2,82
A26	4,69	0,71	0,16	0,03	0,00	5,58
A27	1,87	0,31	0,04	0,00	0,00	2,22
A28	2,15	0,35	0,06	0,01	0,00	2,56
A29	1,70	0,24	0,04	0,00	0,00	1,98
A30	1,50	0,20	0,03	0,00	0,00	1,74
A31	0,99	0,16	0,03	0,00	0,00	1,18
A32	0,90	0,12	0,03	0,01	0,00	1,06
A33	1,15	0,16	0,04	0,01	0,00	1,36
A34	1,39	0,30	0,08	0,02	0,00	1,79
TOTAL	77,90	17,31	4,10	0,68	0,02	



## A.18 Class D: BlowingBubbles

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,00	1,01	0,10	0,00	0,00	7,11
Planar	10,81	1,63	0,11	0,00	0,00	12,55
A2	1,50	0,20	0,01	0,00	0,00	1,71
A3	1,39	0,12	0,01	0,00	0,00	1,51
A4	1,20	0,12	0,01	0,00	0,00	1,32
A5	1,25	0,14	0,01	0,00	0,00	1,40
A6	1,49	0,14	0,01	0,00	0,00	1,64
A7	1,37	0,14	0,00	0,00	0,00	1,51
A8	1,45	0,13	0,01	0,00	0,00	1,59
A9	1,49	0,18	0,00	0,00	0,00	1,67
A10	3,23	0,55	0,09	0,00	0,00	3,87
A11	2,03	0,27	0,01	0,00	0,00	2,31
A12	1,62	0,14	0,01	0,00	0,00	1,77
A13	1,44	0,11	0,01	0,00	0,00	1,56
A14	1,68	0,11	0,01	0,00	0,00	1,79
A15	1,61	0,12	0,00	0,00	0,00	1,74
A16	1,79	0,10	0,00	0,00	0,00	1,89
A17	2,08	0,12	0,00	0,00	0,00	2,20
A18	1,67	0,25	0,00	0,00	0,00	1,93
A19	2,44	0,15	0,01	0,00	0,00	2,60
A20	2,16	0,16	0,01	0,00	0,00	2,33
A21	1,87	0,19	0,01	0,00	0,00	2,07
A22	2,88	0,27	0,01	0,00	0,00	3,17
A23	2,54	0,30	0,02	0,00	0,00	2,85
A24	3,00	0,40	0,04	0,00	0,00	3,44
A25	3,41	0,57	0,03	0,00	0,00	4,00
A26	4,99	0,80	0,04	0,00	0,00	5,83
A27	3,45	0,53	0,01	0,00	0,00	3,99
A28	3,39	0,40	0,03	0,00	0,00	3,81
A29	2,98	0,33	0,02	0,00	0,00	3,33
A30	3,22	0,29	0,01	0,00	0,00	3,52
A31	1,96	0,18	0,01	0,00	0,00	2,15
A32	1,89	0,17	0,01	0,00	0,00	2,06
A33	2,09	0,14	0,00	0,00	0,00	2,23
A34	1,41	0,17	0,00	0,00	0,00	1,58
TOTAL	88,75	10,61	0,63	0,01	0,00	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,65	1,49	0,20	0,01	0,00	8,33
Planar	12,00	2,51	0,24	0,00	0,00	14,75
A2	1,48	0,26	0,02	0,00	0,00	1,75
A3	1,17	0,15	0,01	0,00	0,00	1,33
A4	0,97	0,15	0,01	0,00	0,00	1,13
A5	1,01	0,18	0,01	0,00	0,00	1,20
A6	1,30	0,18	0,01	0,00	0,00	1,49
A7	1,22	0,19	0,01	0,00	0,00	1,41
A8	1,26	0,17	0,01	0,00	0,00	1,44
A9	1,32	0,22	0,01	0,00	0,00	1,55
A10	3,10	0,75	0,15	0,00	0,00	4,00
A11	1,91	0,38	0,02	0,00	0,00	2,31
A12	1,47	0,20	0,01	0,00	0,00	1,68
A13	1,32	0,15	0,01	0,00	0,00	1,48
A14	1,58	0,16	0,01	0,00	0,00	1,75
A15	1,43	0,18	0,01	0,00	0,00	1,62
A16	1,63	0,15	0,01	0,00	0,00	1,79
A17	1,91	0,17	0,01	0,00	0,00	2,08
A18	1,64	0,32	0,01	0,00	0,00	1,97
A19	2,26	0,22	0,01	0,00	0,00	2,48
A20	1,96	0,23	0,02	0,00	0,00	2,22
A21	1,69	0,27	0,02	0,00	0,00	1,98
A22	2,55	0,34	0,03	0,00	0,00	2,92
A23	2,13	0,36	0,04	0,00	0,00	2,52
A24	2,54	0,44	0,07	0,00	0,00	3,04
A25	3,04	0,64	0,05	0,00	0,00	3,74
A26	5,20	1,13	0,07	0,00	0,00	6,40
A27	3,17	0,66	0,03	0,00	0,00	3,86
A28	2,97	0,49	0,05	0,00	0,00	3,51
A29	2,62	0,41	0,03	0,00	0,00	3,06
A30	2,86	0,35	0,02	0,00	0,00	3,23
A31	1,79	0,26	0,01	0,00	0,00	2,06
A32	1,75	0,24	0,01	0,00	0,00	2,00
A33	2,02	0,21	0,01	0,00	0,00	2,24
A34	1,45	0,24	0,01	0,00	0,00	1,70
TOTAL	84,33	14,42	1,23	0,02	0,00	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	7,28	2,32	0,40	0,02	0,00	10,02
Planar	12,90	4,05	0,53	0,02	0,00	17,49
A2	1,38	0,35	0,04	0,00	0,00	1,77
A3	0,90	0,20	0,02	0,00	0,00	1,12
A4	0,71	0,19	0,02	0,00	0,00	0,92
A5	0,79	0,22	0,03	0,00	0,00	1,04
A6	1,04	0,24	0,03	0,00	0,00	1,31
A7	0,99	0,25	0,03	0,00	0,00	1,26
A8	1,01	0,23	0,03	0,00	0,00	1,27
A9	1,09	0,30	0,02	0,00	0,00	1,41
A10	2,60	1,04	0,24	0,00	0,00	3,88
A11	1,69	0,58	0,05	0,00	0,00	2,32
A12	1,31	0,29	0,03	0,00	0,00	1,63
A13	1,14	0,23	0,02	0,00	0,00	1,39
A14	1,33	0,24	0,02	0,00	0,00	1,59
A15	1,22	0,27	0,02	0,00	0,00	1,51
A16	1,39	0,24	0,02	0,00	0,00	1,65
A17	1,59	0,25	0,02	0,00	0,00	1,86
A18	1,51	0,44	0,02	0,00	0,00	1,97
A19	1,88	0,33	0,03	0,00	0,00	2,24
A20	1,62	0,34	0,04	0,00	0,00	2,00
A21	1,43	0,39	0,04	0,00	0,00	1,86
A22	2,02	0,45	0,05	0,00	0,00	2,52
A23	1,70	0,46	0,07	0,00	0,00	2,23
A24	1,95	0,52	0,11	0,00	0,00	2,58
A25	2,53	0,80	0,07	0,00	0,00	3,42
A26	5,34	1,72	0,15	0,01	0,00	7,21
A27	2,67	0,87	0,05	0,00	0,00	3,60
A28	2,42	0,63	0,08	0,00	0,00	3,13
A29	2,23	0,54	0,06	0,00	0,00	2,83
A30	2,41	0,49	0,05	0,00	0,00	2,94
A31	1,63	0,39	0,03	0,00	0,00	2,05
A32	1,55	0,34	0,03	0,00	0,00	1,93
A33	1,85	0,31	0,03	0,00	0,00	2,19
A34	1,48	0,37	0,02	0,00	0,00	1,88
TOTAL	76,58	20,87	2,48	0,06	0,00	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	6,98	4,13	1,02	0,07	0,00	12,20
Planar	12,44	7,20	1,53	0,08	0,00	21,26
A2	1,09	0,49	0,08	0,00	0,00	1,67
A3	0,54	0,25	0,05	0,00	0,00	0,84
A4	0,43	0,22	0,06	0,00	0,00	0,71
A5	0,48	0,27	0,07	0,01	0,00	0,82
A6	0,63	0,29	0,06	0,01	0,00	0,99
A7	0,64	0,31	0,06	0,00	0,00	1,00
A8	0,67	0,32	0,07	0,00	0,00	1,06
A9	0,72	0,41	0,07	0,00	0,00	1,20
A10	1,93	1,35	0,41	0,01	0,00	3,69
A11	1,24	0,91	0,14	0,00	0,00	2,30
A12	0,97	0,45	0,08	0,00	0,00	1,50
A13	0,82	0,32	0,07	0,00	0,00	1,20
A14	0,92	0,35	0,07	0,00	0,00	1,35
A15	0,86	0,38	0,06	0,00	0,00	1,31
A16	0,99	0,34	0,06	0,00	0,00	1,40
A17	1,17	0,39	0,06	0,00	0,00	1,63
A18	1,23	0,57	0,06	0,00	0,00	1,86
A19	1,32	0,46	0,08	0,00	0,00	1,86
A20	1,17	0,48	0,10	0,00	0,00	1,75
A21	1,06	0,54	0,10	0,01	0,00	1,70
A22	1,31	0,61	0,12	0,00	0,00	2,04
A23	1,13	0,61	0,14	0,00	0,00	1,89
A24	1,26	0,65	0,18	0,01	0,00	2,10
A25	1,64	1,05	0,15	0,01	0,00	2,85
A26	5,32	3,02	0,40	0,02	0,00	8,76
A27	1,85	1,19	0,13	0,00	0,00	3,17
A28	1,71	0,91	0,19	0,00	0,00	2,81
A29	1,64	0,82	0,13	0,00	0,00	2,60
A30	1,72	0,74	0,11	0,00	0,00	2,57
A31	1,26	0,64	0,09	0,00	0,00	1,99
A32	1,21	0,58	0,09	0,00	0,00	1,88
A33	1,44	0,53	0,08	0,00	0,00	2,05
A34	1,31	0,64	0,07	0,00	0,00	2,02
TOTAL	61,09	32,42	6,23	0,26	0,00	

### A.19 Class D: BasketballPass

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,42	1,21	0,62	0,21	0,00	6,46
Planar	10,73	2,41	0,80	0,16	0,00	14,09
A2	0,81	0,13	0,01	0,01	0,00	0,96
A3	0,81	0,06	0,01	0,00	0,00	0,88
A4	0,68	0,07	0,01	0,00	0,00	0,77
A5	0,77	0,09	0,01	0,00	0,00	0,87
A6	1,17	0,13	0,01	0,00	0,00	1,32
A7	1,29	0,19	0,03	0,00	0,00	1,51
A8	1,92	0,44	0,10	0,01	0,00	2,46
A9	2,87	1,24	0,32	0,08	0,00	4,49
A10	5,21	1,31	0,26	0,01	0,00	6,79
A11	5,39	2,00	0,57	0,06	0,00	8,01
A12	4,03	1,44	0,46	0,02	0,00	5,94
A13	2,16	0,63	0,21	0,00	0,00	3,00
A14	1,71	0,34	0,04	0,00	0,00	2,09
A15	1,05	0,14	0,01	0,00	0,00	1,20
A16	1,03	0,10	0,01	0,00	0,00	1,14
A17	1,22	0,10	0,01	0,00	0,00	1,33
A18	0,97	0,20	0,01	0,00	0,00	1,19
A19	1,37	0,13	0,01	0,00	0,00	1,51
A20	1,22	0,14	0,01	0,00	0,00	1,37
A21	1,29	0,18	0,01	0,00	0,00	1,49
A22	1,96	0,25	0,02	0,00	0,00	2,22
A23	1,93	0,31	0,02	0,00	0,00	2,26
A24	1,89	0,37	0,04	0,00	0,00	2,30
A25	2,19	0,48	0,04	0,00	0,00	2,71
A26	5,61	1,57	0,51	0,14	0,00	7,82
A27	2,17	0,54	0,06	0,01	0,00	2,77
A28	1,82	0,33	0,05	0,00	0,00	2,21
A29	1,66	0,26	0,03	0,00	0,00	1,96
A30	1,69	0,21	0,02	0,00	0,00	1,92
A31	1,22	0,19	0,02	0,00	0,00	1,43
A32	1,08	0,14	0,01	0,00	0,00	1,23
A33	1,13	0,12	0,01	0,00	0,00	1,27
A34	0,85	0,15	0,02	0,00	0,00	1,03
TOTAL	77,30	17,60	4,36	0,73	0,01	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,79	1,69	0,82	0,29	0,01	7,60
Planar	11,01	3,42	1,35	0,30	0,00	16,08
A2	0,94	0,21	0,02	0,01	0,00	1,18
A3	0,76	0,10	0,01	0,00	0,00	0,88
A4	0,65	0,11	0,02	0,00	0,00	0,78
A5	0,68	0,13	0,02	0,00	0,00	0,84
A6	1,11	0,17	0,03	0,00	0,00	1,31
A7	1,08	0,24	0,05	0,00	0,00	1,36
A8	1,44	0,49	0,14	0,01	0,00	2,08
A9	1,88	1,01	0,39	0,10	0,00	3,38
A10	3,59	1,03	0,29	0,02	0,00	4,93
A11	3,58	1,62	0,77	0,11	0,00	6,07
A12	2,91	1,44	0,64	0,04	0,00	5,03
A13	1,64	0,63	0,27	0,01	0,00	2,54
A14	1,48	0,43	0,07	0,00	0,00	1,98
A15	1,00	0,21	0,03	0,00	0,00	1,23
A16	1,05	0,15	0,02	0,00	0,00	1,22
A17	1,23	0,15	0,02	0,00	0,00	1,40
A18	1,09	0,27	0,02	0,00	0,00	1,38
A19	1,37	0,19	0,02	0,00	0,00	1,59
A20	1,30	0,21	0,02	0,00	0,00	1,53
A21	1,33	0,27	0,03	0,00	0,00	1,63
A22	2,01	0,36	0,04	0,00	0,00	2,40
A23	1,94	0,43	0,04	0,00	0,00	2,41
A24	1,90	0,49	0,06	0,00	0,00	2,45
A25	2,12	0,64	0,07	0,01	0,00	2,84
A26	5,70	2,25	0,72	0,20	0,00	8,87
A27	2,13	0,74	0,10	0,01	0,00	2,99
A28	1,82	0,45	0,07	0,00	0,00	2,35
A29	1,64	0,37	0,05	0,00	0,00	2,06
A30	1,75	0,31	0,04	0,00	0,00	2,09
A31	1,25	0,26	0,03	0,00	0,00	1,54
A32	1,11	0,19	0,03	0,00	0,00	1,33
A33	1,24	0,18	0,03	0,00	0,00	1,45
A34	0,97	0,21	0,02	0,00	0,00	1,21
TOTAL	71,47	21,04	6,32	1,17	0,02	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,10	2,47	1,04	0,35	0,01	8,97
Planar	11,01	4,99	2,00	0,48	0,01	18,49
A2	1,00	0,30	0,05	0,01	0,00	1,36
A3	0,73	0,16	0,03	0,01	0,00	0,93
A4	0,54	0,16	0,03	0,01	0,00	0,73
A5	0,58	0,16	0,03	0,01	0,00	0,78
A6	0,86	0,23	0,05	0,01	0,00	1,14
A7	0,85	0,30	0,07	0,00	0,00	1,22
A8	0,96	0,49	0,17	0,02	0,00	1,64
A9	1,25	0,78	0,38	0,18	0,00	2,58
A10	2,31	0,86	0,29	0,05	0,00	3,51
A11	2,32	1,59	0,99	0,13	0,00	5,04
A12	1,92	1,51	0,72	0,07	0,00	4,21
A13	1,29	0,54	0,26	0,01	0,00	2,10
A14	1,24	0,49	0,13	0,00	0,00	1,86
A15	0,92	0,28	0,06	0,01	0,00	1,26
A16	0,99	0,23	0,03	0,00	0,00	1,25
A17	1,13	0,22	0,03	0,00	0,00	1,39
A18	1,10	0,38	0,04	0,00	0,00	1,53
A19	1,32	0,28	0,04	0,00	0,00	1,65
A20	1,21	0,34	0,05	0,00	0,00	1,59
A21	1,28	0,40	0,05	0,00	0,00	1,74
A22	1,84	0,50	0,06	0,00	0,00	2,41
A23	1,81	0,60	0,08	0,01	0,00	2,49
A24	1,69	0,64	0,12	0,01	0,00	2,45
A25	1,79	0,86	0,13	0,01	0,00	2,79
A26	5,13	2,85	1,06	0,28	0,01	9,33
A27	1,81	0,95	0,19	0,03	0,00	2,98
A28	1,65	0,60	0,15	0,01	0,00	2,40
A29	1,55	0,52	0,09	0,00	0,00	2,16
A30	1,61	0,44	0,07	0,00	0,00	2,13
A31	1,17	0,39	0,05	0,00	0,00	1,61
A32	1,08	0,29	0,04	0,01	0,00	1,42
A33	1,15	0,26	0,04	0,00	0,00	1,45
A34	1,04	0,33	0,05	0,01	0,00	1,42
TOTAL	63,21	26,37	8,66	1,72	0,03	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,88	3,71	1,74	0,51	0,02	10,85
Planar	10,15	7,31	3,41	0,87	0,06	21,80
A2	0,90	0,43	0,09	0,02	0,00	1,43
A3	0,51	0,22	0,05	0,01	0,00	0,78
A4	0,40	0,22	0,05	0,01	0,00	0,67
A5	0,42	0,21	0,04	0,00	0,00	0,67
A6	0,62	0,29	0,06	0,01	0,00	0,98
A7	0,57	0,35	0,08	0,01	0,00	1,01
A8	0,64	0,53	0,23	0,03	0,00	1,44
A9	0,67	0,62	0,34	0,24	0,00	1,86
A10	1,43	0,90	0,36	0,10	0,00	2,79
A11	1,23	1,35	1,19	0,15	0,00	3,92
A12	1,07	1,27	0,69	0,09	0,00	3,12
A13	0,84	0,53	0,25	0,02	0,00	1,64
A14	0,88	0,57	0,21	0,01	0,00	1,68
A15	0,75	0,39	0,07	0,01	0,00	1,22
A16	0,83	0,34	0,07	0,01	0,00	1,25
A17	0,90	0,34	0,07	0,01	0,00	1,31
A18	0,97	0,53	0,07	0,00	0,00	1,57
A19	1,05	0,44	0,09	0,01	0,00	1,58
A20	0,98	0,49	0,09	0,00	0,00	1,56
A21	1,08	0,61	0,11	0,01	0,00	1,81
A22	1,50	0,78	0,14	0,01	0,00	2,42
A23	1,42	0,90	0,15	0,01	0,00	2,48
A24	1,28	0,87	0,21	0,01	0,00	2,36
A25	1,30	1,06	0,18	0,03	0,00	2,57
A26	4,50	3,40	1,55	0,47	0,02	9,93
A27	1,26	1,09	0,25	0,04	0,00	2,65
A28	1,20	0,87	0,25	0,02	0,00	2,33
A29	1,18	0,75	0,16	0,01	0,00	2,09
A30	1,27	0,67	0,14	0,01	0,00	2,09
A31	0,95	0,56	0,09	0,01	0,00	1,62
A32	0,91	0,46	0,09	0,01	0,00	1,47
A33	0,95	0,41	0,09	0,01	0,00	1,45
A34	0,99	0,53	0,08	0,01	0,00	1,62
TOTAL	50,46	33,98	12,71	2,76	0,10	

## A.20 Class E: FourPeople

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,73	2,23	1,02	0,34	0,02	8,33
Planar	10,91	4,39	1,70	0,17	0,00	17,17
A2	0,44	0,29	0,10	0,02	0,00	0,85
A3	0,47	0,17	0,07	0,01	0,00	0,72
A4	0,66	0,31	0,09	0,01	0,00	1,07
A5	0,67	0,35	0,11	0,01	0,00	1,14
A6	0,73	0,26	0,11	0,01	0,00	1,11
A7	0,89	0,34	0,16	0,02	0,00	1,40
A8	1,37	0,72	0,41	0,07	0,00	2,57
A9	1,74	0,94	0,23	0,02	0,00	2,94
A10	4,72	1,91	0,66	0,10	0,00	7,38
A11	1,70	0,87	0,20	0,02	0,00	2,78
A12	1,19	0,55	0,27	0,02	0,00	2,03
A13	1,00	0,33	0,11	0,01	0,00	1,45
A14	0,81	0,24	0,08	0,00	0,00	1,13
A15	0,95	0,38	0,11	0,00	0,00	1,44
A16	0,83	0,29	0,10	0,01	0,00	1,22
A17	0,81	0,16	0,06	0,01	0,00	1,03
A18	0,51	0,35	0,05	0,01	0,00	0,91
A19	1,16	0,19	0,06	0,01	0,00	1,41
A20	0,91	0,21	0,08	0,01	0,00	1,20
A21	1,16	0,38	0,11	0,01	0,00	1,66
A22	2,12	0,46	0,14	0,02	0,00	2,74
A23	2,48	0,59	0,20	0,02	0,00	3,29
A24	2,61	0,76	0,26	0,02	0,00	3,65
A25	3,97	1,68	0,81	0,11	0,00	6,56
A26	6,64	1,76	0,59	0,09	0,00	9,08
A27	2,11	0,84	0,18	0,02	0,00	3,14
A28	1,84	0,58	0,19	0,02	0,00	2,62
A29	1,67	0,52	0,15	0,02	0,00	2,36
A30	1,37	0,36	0,13	0,02	0,00	1,88
A31	0,73	0,28	0,10	0,02	0,00	1,13
A32	0,55	0,20	0,08	0,01	0,00	0,83
A33	0,68	0,19	0,08	0,01	0,00	0,96
A34	0,45	0,29	0,08	0,01	0,00	0,83
TOTAL	65,55	24,33	8,85	1,24	0,02	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,67	2,56	1,00	0,38	0,02	8,62
Planar	10,73	5,32	2,20	0,33	0,01	18,58
A2	0,44	0,32	0,11	0,02	0,00	0,90
A3	0,42	0,19	0,07	0,01	0,00	0,69
A4	0,65	0,39	0,10	0,01	0,00	1,16
A5	0,56	0,37	0,12	0,02	0,01	1,07
A6	0,63	0,30	0,11	0,02	0,00	1,06
A7	0,75	0,38	0,16	0,03	0,00	1,32
A8	1,13	0,80	0,43	0,11	0,00	2,47
A9	1,49	1,09	0,26	0,03	0,00	2,87
A10	3,99	2,07	0,78	0,21	0,00	7,05
A11	1,49	0,99	0,25	0,03	0,00	2,76
A12	1,04	0,60	0,28	0,05	0,00	1,96
A13	0,85	0,38	0,10	0,01	0,00	1,35
A14	0,75	0,31	0,08	0,01	0,00	1,14
A15	0,85	0,44	0,10	0,01	0,00	1,40
A16	0,76	0,34	0,13	0,01	0,00	1,24
A17	0,71	0,20	0,08	0,01	0,00	0,99
A18	0,55	0,40	0,06	0,01	0,00	1,02
A19	1,03	0,25	0,06	0,01	0,00	1,35
A20	0,95	0,30	0,08	0,01	0,00	1,33
A21	1,20	0,51	0,14	0,01	0,00	1,86
A22	1,98	0,59	0,15	0,02	0,00	2,75
A23	2,17	0,71	0,21	0,03	0,00	3,12
A24	2,26	0,87	0,25	0,03	0,00	3,41
A25	3,79	1,83	0,83	0,19	0,01	6,65
A26	6,28	1,96	0,62	0,18	0,01	9,05
A27	1,76	0,88	0,19	0,03	0,00	2,86
A28	1,48	0,63	0,18	0,02	0,00	2,32
A29	1,36	0,60	0,13	0,02	0,01	2,13
A30	1,17	0,43	0,13	0,02	0,01	1,75
A31	0,67	0,35	0,09	0,02	0,00	1,13
A32	0,51	0,26	0,07	0,02	0,00	0,86
A33	0,62	0,22	0,08	0,01	0,00	0,93
A34	0,45	0,33	0,08	0,01	0,00	0,87
TOTAL	60,12	28,17	9,69	1,92	0,09	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,16	3,15	1,33	0,42	0,03	9,09
Planar	9,40	6,72	2,91	0,55	0,03	19,61
A2	0,43	0,45	0,15	0,02	0,00	1,05
A3	0,32	0,25	0,10	0,01	0,00	0,68
A4	0,51	0,47	0,13	0,02	0,01	1,13
A5	0,43	0,40	0,13	0,02	0,01	0,99
A6	0,49	0,36	0,13	0,02	0,01	1,01
A7	0,59	0,46	0,18	0,04	0,00	1,27
A8	0,88	0,94	0,44	0,15	0,01	2,42
A9	1,13	1,29	0,34	0,05	0,00	2,81
A10	3,23	2,37	0,92	0,34	0,01	6,87
A11	1,17	1,22	0,37	0,04	0,00	2,80
A12	0,79	0,71	0,33	0,08	0,00	1,92
A13	0,66	0,50	0,12	0,01	0,00	1,30
A14	0,62	0,40	0,11	0,01	0,00	1,14
A15	0,66	0,53	0,15	0,02	0,00	1,35
A16	0,64	0,40	0,17	0,02	0,00	1,23
A17	0,57	0,26	0,10	0,01	0,00	0,94
A18	0,51	0,50	0,09	0,01	0,00	1,11
A19	0,77	0,34	0,09	0,01	0,00	1,22
A20	0,77	0,41	0,13	0,02	0,00	1,33
A21	1,10	0,62	0,20	0,02	0,00	1,94
A22	1,75	0,79	0,22	0,03	0,00	2,79
A23	1,64	0,88	0,30	0,04	0,00	2,86
A24	1,84	1,00	0,32	0,05	0,01	3,21
A25	3,37	2,20	1,08	0,23	0,02	6,91
A26	5,42	2,38	0,87	0,25	0,03	8,95
A27	1,25	0,96	0,26	0,03	0,00	2,50
A28	1,10	0,72	0,26	0,02	0,00	2,11
A29	1,01	0,72	0,18	0,03	0,01	1,94
A30	0,94	0,51	0,16	0,02	0,01	1,65
A31	0,55	0,43	0,12	0,02	0,01	1,11
A32	0,42	0,33	0,09	0,01	0,00	0,86
A33	0,51	0,29	0,09	0,01	0,00	0,90
A34	0,46	0,44	0,12	0,01	0,00	1,02
TOTAL	50,07	34,40	12,69	2,64	0,19	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,30	3,92	1,95	0,63	0,04	9,84
Planar	7,08	8,03	4,41	0,97	0,08	20,56
A2	0,37	0,54	0,22	0,05	0,01	1,19
A3	0,23	0,33	0,14	0,03	0,01	0,74
A4	0,33	0,51	0,22	0,03	0,01	1,11
A5	0,30	0,42	0,20	0,03	0,01	0,96
A6	0,33	0,45	0,18	0,03	0,01	0,99
A7	0,38	0,54	0,27	0,06	0,00	1,24
A8	0,50	1,03	0,63	0,22	0,01	2,39
A9	0,63	1,49	0,61	0,10	0,00	2,84
A10	2,24	2,64	1,25	0,50	0,02	6,65
A11	0,71	1,30	0,61	0,08	0,01	2,69
A12	0,49	0,79	0,53	0,14	0,01	1,95
A13	0,41	0,61	0,20	0,02	0,00	1,24
A14	0,40	0,51	0,18	0,02	0,00	1,10
A15	0,43	0,56	0,25	0,03	0,00	1,26
A16	0,45	0,48	0,26	0,04	0,00	1,22
A17	0,42	0,34	0,17	0,02	0,00	0,95
A18	0,40	0,58	0,16	0,02	0,00	1,16
A19	0,48	0,38	0,15	0,02	0,00	1,02
A20	0,53	0,48	0,20	0,04	0,00	1,25
A21	0,80	0,67	0,25	0,03	0,00	1,76
A22	1,30	0,92	0,32	0,04	0,00	2,57
A23	1,00	1,02	0,46	0,07	0,01	2,55
A24	1,37	1,13	0,46	0,08	0,01	3,05
A25	2,73	2,59	1,59	0,30	0,04	7,24
A26	4,32	3,02	1,50	0,38	0,07	9,30
A27	0,70	1,02	0,33	0,04	0,00	2,09
A28	0,63	0,85	0,39	0,05	0,00	1,91
A29	0,76	0,83	0,24	0,04	0,01	1,87
A30	0,62	0,60	0,21	0,04	0,02	1,49
A31	0,41	0,46	0,17	0,03	0,01	1,08
A32	0,25	0,36	0,13	0,02	0,01	0,77
A33	0,36	0,36	0,13	0,01	0,00	0,87
A34	0,39	0,52	0,19	0,02	0,00	1,12
TOTAL	36,02	40,25	19,13	4,21	0,40	

## A.21 Class E: Johnny

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,03	2,14	1,76	1,27	0,12	10,32
Planar	10,89	4,02	2,98	0,60	0,01	18,52
A2	0,40	0,24	0,16	0,07	0,00	0,87
A3	0,36	0,14	0,12	0,04	0,00	0,66
A4	0,44	0,31	0,16	0,04	0,00	0,95
A5	0,54	0,54	0,28	0,05	0,00	1,41
A6	0,54	0,20	0,13	0,03	0,00	0,90
A7	0,57	0,23	0,13	0,03	0,00	0,96
A8	0,63	0,26	0,16	0,03	0,00	1,08
A9	0,87	0,39	0,16	0,03	0,00	1,45
A10	3,15	0,99	0,27	0,16	0,01	4,57
A11	1,10	0,57	0,18	0,03	0,00	1,88
A12	0,83	0,32	0,14	0,02	0,00	1,31
A13	0,80	0,26	0,10	0,01	0,00	1,18
A14	0,68	0,19	0,10	0,01	0,00	0,98
A15	0,97	0,50	0,15	0,02	0,00	1,64
A16	0,87	0,38	0,15	0,03	0,00	1,43
A17	0,95	0,21	0,10	0,02	0,00	1,28
A18	0,70	0,44	0,12	0,03	0,00	1,28
A19	1,24	0,26	0,13	0,03	0,00	1,67
A20	0,90	0,27	0,15	0,04	0,00	1,35
A21	1,06	0,34	0,24	0,05	0,00	1,70
A22	1,79	0,46	0,27	0,08	0,00	2,60
A23	2,23	0,73	0,45	0,16	0,01	3,58
A24	2,27	0,99	0,49	0,15	0,01	3,91
A25	2,42	1,04	0,44	0,18	0,01	4,08
A26	6,97	2,76	1,55	0,41	0,01	11,70
A27	2,33	1,05	0,56	0,17	0,00	4,11
A28	1,95	0,76	0,58	0,14	0,01	3,44
A29	1,64	0,55	0,36	0,12	0,00	2,67
A30	1,38	0,43	0,27	0,08	0,00	2,16
A31	0,71	0,29	0,22	0,08	0,00	1,30
A32	0,59	0,19	0,15	0,05	0,00	0,99
A33	0,71	0,16	0,14	0,05	0,00	1,06
A34	0,50	0,31	0,16	0,06	0,00	1,03
TOTAL	59,01	22,90	13,50	4,36	0,23	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,79	2,58	1,25	1,15	0,18	9,94
Planar	10,63	5,10	2,60	0,92	0,10	19,35
A2	0,37	0,28	0,10	0,08	0,02	0,85
A3	0,32	0,19	0,09	0,04	0,02	0,64
A4	0,41	0,52	0,16	0,04	0,01	1,13
A5	0,50	0,63	0,33	0,05	0,01	1,50
A6	0,55	0,25	0,12	0,03	0,01	0,95
A7	0,51	0,25	0,12	0,03	0,01	0,91
A8	0,60	0,28	0,18	0,02	0,00	1,09
A9	0,80	0,44	0,20	0,03	0,00	1,48
A10	3,02	1,20	0,31	0,17	0,03	4,73
A11	1,08	0,71	0,25	0,04	0,00	2,07
A12	0,80	0,40	0,15	0,02	0,00	1,37
A13	0,67	0,33	0,12	0,01	0,00	1,13
A14	0,64	0,25	0,10	0,01	0,00	1,00
A15	0,90	0,62	0,17	0,03	0,00	1,73
A16	0,82	0,51	0,19	0,05	0,00	1,57
A17	0,83	0,31	0,11	0,04	0,00	1,28
A18	0,72	0,54	0,10	0,03	0,00	1,39
A19	1,09	0,37	0,11	0,03	0,01	1,61
A20	0,88	0,38	0,10	0,04	0,01	1,40
A21	0,99	0,44	0,15	0,05	0,01	1,64
A22	1,56	0,60	0,21	0,07	0,03	2,46
A23	1,92	0,92	0,41	0,15	0,05	3,45
A24	1,81	1,14	0,40	0,12	0,06	3,52
A25	2,08	1,20	0,38	0,17	0,05	3,88
A26	6,80	3,13	1,47	0,61	0,13	12,13
A27	2,04	1,11	0,48	0,18	0,03	3,84
A28	1,59	0,82	0,47	0,16	0,02	3,05
A29	1,46	0,66	0,28	0,14	0,03	2,57
A30	1,21	0,54	0,20	0,08	0,03	2,06
A31	0,63	0,36	0,13	0,08	0,02	1,22
A32	0,58	0,25	0,08	0,04	0,01	0,96
A33	0,66	0,21	0,07	0,05	0,02	0,99
A34	0,56	0,39	0,08	0,07	0,01	1,11
TOTAL	54,79	27,89	11,62	4,81	0,89	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,98	3,22	1,48	1,08	0,20	9,96
Planar	8,90	6,64	3,61	1,08	0,30	20,53
A2	0,40	0,34	0,18	0,06	0,05	1,03
A3	0,23	0,23	0,10	0,03	0,04	0,63
A4	0,36	0,57	0,28	0,04	0,02	1,26
A5	0,41	0,59	0,37	0,05	0,02	1,44
A6	0,45	0,28	0,13	0,02	0,01	0,89
A7	0,41	0,24	0,15	0,03	0,01	0,85
A8	0,54	0,29	0,21	0,03	0,01	1,08
A9	0,67	0,54	0,26	0,03	0,01	1,50
A10	2,23	1,33	0,44	0,15	0,04	4,18
A11	0,82	0,83	0,35	0,05	0,00	2,05
A12	0,70	0,52	0,22	0,02	0,00	1,46
A13	0,56	0,38	0,18	0,02	0,00	1,13
A14	0,52	0,30	0,16	0,02	0,00	1,00
A15	0,72	0,71	0,32	0,05	0,00	1,79
A16	0,64	0,60	0,28	0,05	0,00	1,57
A17	0,69	0,41	0,17	0,03	0,00	1,30
A18	0,63	0,67	0,15	0,02	0,00	1,47
A19	0,84	0,46	0,16	0,02	0,02	1,50
A20	0,73	0,48	0,13	0,03	0,01	1,38
A21	0,85	0,55	0,20	0,05	0,01	1,65
A22	1,23	0,72	0,28	0,06	0,02	2,30
A23	1,39	1,16	0,49	0,14	0,09	3,27
A24	1,32	1,28	0,50	0,08	0,13	3,31
A25	1,63	1,45	0,52	0,14	0,07	3,80
A26	6,03	3,87	1,89	0,59	0,33	12,72
A27	1,63	1,27	0,50	0,15	0,04	3,58
A28	1,14	0,89	0,48	0,13	0,03	2,66
A29	1,21	0,77	0,35	0,12	0,06	2,51
A30	0,91	0,58	0,23	0,05	0,06	1,83
A31	0,59	0,42	0,17	0,06	0,04	1,28
A32	0,44	0,26	0,11	0,02	0,02	0,84
A33	0,64	0,23	0,08	0,03	0,02	1,01
A34	0,60	0,51	0,11	0,05	0,01	1,27
TOTAL	45,01	33,59	15,19	4,55	1,66	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,30	3,63	2,30	1,34	0,31	9,88
Planar	5,96	7,84	5,35	1,63	0,51	21,30
A2	0,31	0,46	0,28	0,07	0,14	1,26
A3	0,19	0,32	0,15	0,03	0,05	0,73
A4	0,32	0,52	0,39	0,06	0,02	1,31
A5	0,26	0,53	0,50	0,10	0,02	1,41
A6	0,32	0,35	0,19	0,03	0,01	0,90
A7	0,32	0,24	0,16	0,04	0,01	0,77
A8	0,36	0,35	0,28	0,03	0,00	1,03
A9	0,36	0,57	0,39	0,04	0,00	1,35
A10	1,33	1,44	0,62	0,20	0,06	3,64
A11	0,57	0,88	0,40	0,08	0,00	1,93
A12	0,47	0,65	0,35	0,05	0,00	1,51
A13	0,39	0,45	0,29	0,04	0,00	1,18
A14	0,35	0,41	0,25	0,04	0,01	1,06
A15	0,45	0,85	0,50	0,07	0,00	1,87
A16	0,35	0,64	0,39	0,11	0,00	1,48
A17	0,40	0,49	0,29	0,05	0,00	1,23
A18	0,43	0,69	0,26	0,04	0,00	1,42
A19	0,46	0,57	0,29	0,03	0,02	1,38
A20	0,43	0,57	0,21	0,03	0,01	1,26
A21	0,62	0,62	0,29	0,05	0,00	1,57
A22	0,80	0,87	0,40	0,07	0,01	2,15
A23	0,87	1,25	0,66	0,19	0,05	3,03
A24	0,90	1,40	0,76	0,15	0,12	3,34
A25	0,87	1,98	0,79	0,21	0,03	3,88
A26	4,01	4,86	2,73	0,92	0,65	13,18
A27	1,13	1,58	0,70	0,17	0,02	3,60
A28	0,70	1,11	0,63	0,19	0,03	2,66
A29	0,66	0,92	0,43	0,18	0,04	2,23
A30	0,57	0,79	0,26	0,04	0,06	1,71
A31	0,41	0,59	0,21	0,05	0,05	1,31
A32	0,39	0,30	0,20	0,03	0,04	0,96
A33	0,48	0,33	0,12	0,02	0,04	0,99
A34	0,58	0,61	0,20	0,06	0,05	1,50
TOTAL	29,29	39,65	22,22	6,45	2,39	

## A.22 Class E: KristenAndSara

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,63	2,07	1,53	0,96	0,08	8,27
Planar	8,86	4,33	2,69	0,45	0,01	16,34
A2	0,47	0,27	0,20	0,07	0,00	1,02
A3	0,41	0,16	0,13	0,04	0,00	0,74
A4	0,46	0,26	0,14	0,04	0,00	0,90
A5	0,75	0,59	0,24	0,05	0,00	1,63
A6	0,83	0,37	0,25	0,02	0,00	1,47
A7	0,82	0,33	0,27	0,03	0,00	1,45
A8	0,79	0,36	0,22	0,03	0,00	1,39
A9	0,98	0,40	0,14	0,03	0,00	1,55
A10	2,69	0,82	0,30	0,11	0,00	3,91
A11	0,83	0,37	0,13	0,03	0,00	1,36
A12	1,16	0,41	0,15	0,02	0,00	1,74
A13	0,90	0,30	0,15	0,02	0,00	1,37
A14	0,74	0,26	0,14	0,02	0,00	1,16
A15	1,33	0,55	0,21	0,02	0,00	2,11
A16	1,04	0,43	0,18	0,02	0,00	1,67
A17	0,82	0,20	0,11	0,02	0,00	1,14
A18	0,42	0,41	0,12	0,02	0,00	0,97
A19	0,93	0,23	0,13	0,02	0,00	1,31
A20	0,78	0,29	0,14	0,02	0,00	1,23
A21	0,85	0,43	0,20	0,03	0,00	1,51
A22	1,79	0,54	0,26	0,04	0,00	2,62
A23	2,56	0,71	0,41	0,08	0,00	3,77
A24	2,86	1,20	0,61	0,09	0,01	4,77
A25	2,36	1,07	0,52	0,13	0,01	4,08
A26	7,20	2,30	1,02	0,24	0,01	10,76
A27	3,18	1,33	0,60	0,14	0,01	5,25
A28	2,19	0,82	0,58	0,09	0,00	3,68
A29	1,91	0,68	0,40	0,07	0,00	3,06
A30	1,83	0,58	0,31	0,06	0,00	2,78
A31	0,84	0,36	0,23	0,06	0,00	1,49
A32	0,61	0,23	0,20	0,08	0,00	1,11
A33	0,80	0,23	0,20	0,09	0,00	1,32
A34	0,52	0,30	0,18	0,09	0,00	1,10
TOTAL	59,13	24,16	13,29	3,28	0,14	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,54	2,02	1,31	0,85	0,12	7,84
Planar	8,38	4,64	2,76	0,79	0,05	16,60
A2	0,44	0,27	0,13	0,10	0,02	0,95
A3	0,40	0,17	0,09	0,05	0,01	0,72
A4	0,44	0,33	0,12	0,04	0,01	0,92
A5	0,79	0,77	0,26	0,05	0,01	1,87
A6	0,81	0,38	0,24	0,04	0,00	1,47
A7	0,76	0,36	0,20	0,05	0,00	1,37
A8	0,75	0,35	0,17	0,04	0,00	1,31
A9	0,91	0,40	0,12	0,04	0,00	1,48
A10	2,66	1,02	0,37	0,17	0,00	4,21
A11	0,81	0,39	0,12	0,03	0,00	1,35
A12	1,12	0,45	0,15	0,02	0,00	1,74
A13	0,91	0,35	0,16	0,02	0,00	1,44
A14	0,72	0,28	0,14	0,02	0,00	1,16
A15	1,24	0,63	0,23	0,04	0,01	2,14
A16	1,06	0,55	0,21	0,03	0,02	1,85
A17	0,75	0,28	0,10	0,02	0,00	1,15
A18	0,45	0,44	0,11	0,02	0,00	1,02
A19	0,83	0,29	0,13	0,03	0,00	1,27
A20	0,79	0,35	0,13	0,02	0,01	1,30
A21	0,82	0,49	0,20	0,04	0,00	1,54
A22	1,52	0,58	0,27	0,06	0,00	2,44
A23	2,45	0,82	0,42	0,10	0,02	3,80
A24	2,49	1,31	0,61	0,11	0,02	4,53
A25	2,19	1,10	0,52	0,16	0,02	3,99
A26	7,22	2,57	1,05	0,38	0,05	11,27
A27	3,00	1,47	0,65	0,22	0,02	5,35
A28	1,81	0,84	0,52	0,13	0,01	3,31
A29	1,62	0,74	0,36	0,09	0,02	2,83
A30	1,61	0,70	0,28	0,07	0,02	2,68
A31	0,80	0,44	0,17	0,06	0,01	1,49
A32	0,60	0,28	0,15	0,08	0,02	1,12
A33	0,82	0,28	0,15	0,10	0,03	1,37
A34	0,54	0,34	0,14	0,11	0,02	1,14
TOTAL	56,02	26,64	12,69	4,14	0,51	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,28	2,07	1,44	0,74	0,09	7,62
Planar	8,10	4,92	3,18	1,05	0,17	17,42
A2	0,41	0,34	0,16	0,11	0,05	1,06
A3	0,40	0,19	0,10	0,05	0,03	0,76
A4	0,47	0,47	0,15	0,03	0,01	1,13
A5	0,62	0,78	0,30	0,05	0,01	1,75
A6	0,76	0,43	0,24	0,05	0,01	1,49
A7	0,65	0,32	0,19	0,05	0,01	1,23
A8	0,68	0,35	0,18	0,05	0,01	1,26
A9	0,75	0,42	0,14	0,04	0,00	1,35
A10	2,53	1,10	0,46	0,17	0,01	4,27
A11	0,77	0,39	0,13	0,03	0,00	1,31
A12	0,99	0,47	0,18	0,02	0,00	1,67
A13	0,74	0,37	0,16	0,04	0,00	1,30
A14	0,66	0,34	0,18	0,02	0,00	1,21
A15	1,06	0,69	0,31	0,03	0,01	2,10
A16	0,91	0,65	0,28	0,02	0,02	1,87
A17	0,60	0,28	0,14	0,01	0,01	1,04
A18	0,40	0,46	0,14	0,02	0,01	1,02
A19	0,69	0,33	0,19	0,04	0,00	1,26
A20	0,74	0,35	0,16	0,03	0,00	1,28
A21	0,84	0,50	0,23	0,04	0,00	1,61
A22	1,32	0,58	0,30	0,06	0,01	2,26
A23	2,21	0,95	0,50	0,10	0,02	3,78
A24	2,35	1,46	0,70	0,14	0,03	4,68
A25	1,94	1,08	0,61	0,19	0,03	3,84
A26	6,59	2,99	1,30	0,43	0,17	11,49
A27	2,82	1,62	0,65	0,23	0,02	5,35
A28	1,46	0,89	0,53	0,13	0,03	3,04
A29	1,52	0,78	0,41	0,08	0,03	2,81
A30	1,36	0,83	0,33	0,07	0,04	2,63
A31	0,78	0,53	0,22	0,05	0,03	1,60
A32	0,49	0,27	0,16	0,05	0,04	1,01
A33	0,68	0,31	0,17	0,08	0,04	1,28
A34	0,55	0,39	0,17	0,08	0,05	1,23
TOTAL	51,09	28,90	14,67	4,37	0,97	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,09	2,41	1,75	0,90	0,15	8,30
Planar	7,04	5,75	3,96	1,40	0,32	18,47
A2	0,41	0,41	0,18	0,12	0,12	1,24
A3	0,30	0,23	0,12	0,04	0,03	0,71
A4	0,35	0,58	0,25	0,04	0,03	1,24
A5	0,46	0,73	0,35	0,06	0,01	1,61
A6	0,60	0,40	0,27	0,05	0,01	1,32
A7	0,56	0,33	0,21	0,05	0,01	1,16
A8	0,57	0,40	0,19	0,04	0,01	1,20
A9	0,55	0,51	0,22	0,05	0,00	1,34
A10	2,13	1,28	0,72	0,20	0,02	4,35
A11	0,52	0,42	0,16	0,05	0,00	1,15
A12	0,86	0,56	0,22	0,03	0,00	1,67
A13	0,62	0,37	0,20	0,05	0,00	1,23
A14	0,53	0,36	0,22	0,05	0,00	1,15
A15	0,81	0,72	0,36	0,05	0,00	1,95
A16	0,69	0,66	0,37	0,05	0,01	1,77
A17	0,45	0,28	0,15	0,02	0,01	0,91
A18	0,32	0,48	0,17	0,03	0,01	1,00
A19	0,45	0,30	0,21	0,05	0,00	1,01
A20	0,63	0,40	0,20	0,05	0,00	1,28
A21	0,69	0,53	0,27	0,06	0,01	1,56
A22	1,06	0,59	0,37	0,08	0,01	2,11
A23	1,73	1,00	0,58	0,16	0,03	3,49
A24	1,74	1,30	0,84	0,21	0,03	4,13
A25	1,50	0,99	0,69	0,28	0,04	3,50
A26	6,13	3,58	1,88	0,66	0,20	12,44
A27	2,65	1,82	0,69	0,26	0,03	5,45
A28	1,10	0,93	0,57	0,16	0,05	2,82
A29	1,13	0,71	0,48	0,13	0,04	2,50
A30	1,05	0,84	0,44	0,10	0,03	2,46
A31	0,64	0,61	0,28	0,08	0,05	1,65
A32	0,50	0,34	0,19	0,06	0,09	1,16
A33	0,62	0,42	0,17	0,07	0,04	1,33
A34	0,53	0,46	0,22	0,07	0,07	1,35
TOTAL	43,01	31,67	18,14	5,72	1,45	

### A.23 Class F: BasketballDrillText

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	5,33	1,20	0,25	0,03	0,00	6,81
Planar	8,59	1,53	0,17	0,01	0,00	10,30
A2	1,09	0,15	0,01	0,00	0,00	1,25
A3	1,00	0,10	0,01	0,00	0,00	1,11
A4	1,04	0,14	0,01	0,00	0,00	1,19
A5	1,23	0,19	0,01	0,00	0,00	1,43
A6	2,19	0,66	0,06	0,00	0,00	2,92
A7	2,02	0,62	0,08	0,00	0,00	2,72
A8	1,05	0,12	0,01	0,00	0,00	1,18
A9	0,86	0,11	0,01	0,00	0,00	0,98
A10	2,86	0,38	0,02	0,00	0,00	3,25
A11	0,64	0,09	0,00	0,00	0,00	0,73
A12	0,74	0,09	0,01	0,00	0,00	0,84
A13	0,88	0,11	0,01	0,00	0,00	0,99
A14	1,05	0,13	0,01	0,00	0,00	1,19
A15	1,20	0,17	0,01	0,00	0,00	1,38
A16	2,47	0,38	0,05	0,00	0,00	2,90
A17	4,55	0,91	0,17	0,01	0,00	5,64
A18	8,31	1,77	0,24	0,00	0,00	10,33
A19	6,19	1,27	0,15	0,01	0,00	7,62
A20	4,98	1,11	0,15	0,01	0,00	6,25
A21	4,11	1,23	0,15	0,00	0,00	5,49
A22	4,22	0,93	0,11	0,00	0,00	5,26
A23	2,91	0,67	0,06	0,00	0,00	3,64
A24	1,17	0,19	0,02	0,00	0,00	1,37
A25	0,90	0,15	0,01	0,00	0,00	1,07
A26	3,55	0,35	0,13	0,00	0,00	4,03
A27	0,87	0,15	0,03	0,00	0,00	1,04
A28	0,98	0,16	0,01	0,00	0,00	1,15
A29	1,13	0,15	0,01	0,00	0,00	1,29
A30	1,04	0,14	0,01	0,00	0,00	1,20
A31	0,81	0,10	0,01	0,00	0,00	0,93
A32	0,70	0,08	0,01	0,00	0,00	0,80
A33	0,83	0,07	0,01	0,00	0,00	0,92
A34	0,72	0,12	0,01	0,00	0,00	0,84
TOTAL	82,19	15,70	2,02	0,08	0,00	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,94	2,20	0,48	0,11	0,00	7,73
Planar	8,83	3,04	0,45	0,03	0,00	12,36
A2	1,13	0,23	0,03	0,00	0,00	1,38
A3	1,00	0,15	0,02	0,00	0,00	1,17
A4	1,04	0,26	0,04	0,00	0,00	1,34
A5	1,17	0,30	0,04	0,00	0,00	1,51
A6	2,03	1,11	0,18	0,02	0,00	3,34
A7	1,79	0,86	0,12	0,00	0,00	2,78
A8	0,91	0,17	0,02	0,00	0,00	1,10
A9	0,79	0,17	0,02	0,00	0,00	0,97
A10	3,08	0,95	0,10	0,00	0,00	4,13
A11	0,65	0,14	0,01	0,00	0,00	0,80
A12	0,64	0,14	0,02	0,00	0,00	0,80
A13	0,79	0,18	0,02	0,00	0,00	0,99
A14	0,98	0,23	0,02	0,00	0,00	1,23
A15	1,01	0,34	0,03	0,00	0,00	1,39
A16	1,70	0,60	0,12	0,00	0,00	2,43
A17	3,04	1,26	0,26	0,03	0,00	4,59
A18	5,58	2,40	0,45	0,03	0,00	8,47
A19	4,04	1,80	0,31	0,04	0,00	6,18
A20	3,45	1,55	0,30	0,02	0,00	5,32
A21	3,16	1,66	0,30	0,02	0,00	5,13
A22	3,51	1,31	0,21	0,01	0,00	5,04
A23	2,67	0,98	0,11	0,01	0,00	3,76
A24	0,97	0,26	0,03	0,00	0,00	1,26
A25	0,81	0,22	0,02	0,00	0,00	1,04
A26	4,18	0,60	0,22	0,00	0,00	5,00
A27	0,82	0,21	0,02	0,00	0,00	1,05
A28	0,97	0,22	0,02	0,00	0,00	1,22
A29	1,11	0,21	0,02	0,00	0,00	1,35
A30	1,10	0,21	0,02	0,00	0,00	1,34
A31	0,79	0,17	0,02	0,00	0,00	0,98
A32	0,71	0,14	0,02	0,00	0,00	0,87
A33	0,83	0,13	0,02	0,00	0,00	0,97
A34	0,80	0,19	0,02	0,00	0,00	1,01
TOTAL	71,01	24,58	4,06	0,35	0,00	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,07	3,09	1,06	0,20	0,00	8,41
Planar	7,88	4,59	1,09	0,09	0,00	13,65
A2	1,23	0,31	0,07	0,01	0,00	1,61
A3	1,00	0,22	0,05	0,00	0,00	1,27
A4	0,98	0,41	0,09	0,01	0,00	1,48
A5	1,14	0,45	0,08	0,01	0,00	1,68
A6	1,85	1,47	0,48	0,08	0,00	3,88
A7	1,60	1,09	0,24	0,01	0,00	2,94
A8	0,83	0,22	0,05	0,00	0,00	1,11
A9	0,77	0,24	0,04	0,00	0,00	1,05
A10	2,98	1,84	0,39	0,01	0,00	5,21
A11	0,71	0,22	0,02	0,00	0,00	0,96
A12	0,65	0,19	0,04	0,00	0,00	0,89
A13	0,74	0,23	0,04	0,00	0,00	1,00
A14	0,91	0,31	0,06	0,00	0,00	1,27
A15	0,92	0,42	0,09	0,00	0,00	1,44
A16	1,33	0,61	0,21	0,01	0,00	2,16
A17	2,10	1,21	0,48	0,07	0,00	3,86
A18	3,17	2,25	0,84	0,09	0,00	6,35
A19	1,95	1,68	0,61	0,08	0,00	4,33
A20	1,94	1,68	0,58	0,05	0,00	4,25
A21	2,04	1,66	0,52	0,05	0,00	4,27
A22	2,93	1,43	0,36	0,03	0,00	4,74
A23	2,38	1,25	0,24	0,02	0,00	3,90
A24	0,88	0,33	0,07	0,01	0,00	1,29
A25	0,87	0,29	0,04	0,00	0,00	1,20
A26	4,34	1,08	0,36	0,00	0,00	5,78
A27	0,87	0,30	0,04	0,00	0,00	1,21
A28	0,98	0,31	0,06	0,00	0,00	1,35
A29	1,21	0,30	0,05	0,00	0,00	1,56
A30	1,17	0,31	0,05	0,00	0,00	1,54
A31	0,82	0,24	0,05	0,00	0,00	1,10
A32	0,73	0,21	0,04	0,00	0,00	0,98
A33	0,86	0,19	0,04	0,00	0,00	1,09
A34	0,86	0,32	0,04	0,00	0,00	1,22
TOTAL	59,66	30,94	8,55	0,85	0,00	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,71	3,24	1,58	0,41	0,01	8,96
Planar	7,20	5,16	2,17	0,30	0,00	14,83
A2	1,21	0,43	0,11	0,02	0,00	1,77
A3	0,87	0,32	0,08	0,01	0,00	1,28
A4	0,73	0,49	0,17	0,02	0,00	1,41
A5	0,95	0,57	0,18	0,01	0,00	1,71
A6	1,46	1,58	0,81	0,17	0,00	4,02
A7	1,38	1,21	0,43	0,02	0,00	3,04
A8	0,79	0,27	0,10	0,01	0,00	1,16
A9	0,75	0,32	0,09	0,01	0,00	1,16
A10	2,64	2,34	0,97	0,04	0,00	5,99
A11	0,65	0,29	0,06	0,01	0,00	1,00
A12	0,63	0,23	0,07	0,00	0,00	0,93
A13	0,69	0,26	0,08	0,01	0,00	1,03
A14	0,86	0,33	0,12	0,01	0,00	1,32
A15	1,01	0,43	0,15	0,02	0,00	1,61
A16	1,21	0,55	0,26	0,05	0,00	2,07
A17	1,84	1,05	0,56	0,09	0,00	3,54
A18	2,22	1,45	0,93	0,19	0,01	4,80
A19	1,20	1,09	0,77	0,15	0,00	3,21
A20	1,24	1,48	0,82	0,11	0,00	3,66
A21	1,40	1,42	0,70	0,12	0,00	3,64
A22	2,17	1,72	0,45	0,07	0,00	4,41
A23	1,76	1,73	0,36	0,06	0,00	3,91
A24	0,76	0,45	0,11	0,01	0,00	1,33
A25	0,91	0,38	0,05	0,01	0,00	1,34
A26	4,03	1,64	0,47	0,02	0,00	6,16
A27	0,89	0,40	0,06	0,01	0,00	1,36
A28	0,93	0,39	0,09	0,01	0,00	1,42
A29	1,13	0,42	0,08	0,01	0,00	1,64
A30	1,07	0,49	0,09	0,01	0,00	1,65
A31	0,82	0,32	0,08	0,01	0,00	1,23
A32	0,67	0,28	0,08	0,01	0,00	1,04
A33	0,79	0,24	0,07	0,01	0,00	1,10
A34	0,76	0,43	0,08	0,01	0,00	1,28
TOTAL	51,32	33,39	13,28	1,98	0,03	

## A.24 Class F: ChinaSpeed

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,61	1,27	0,43	0,36	0,05	6,72
Planar	9,29	2,42	0,69	0,17	0,00	12,57
A2	3,12	0,70	0,04	0,01	0,00	3,87
A3	1,26	0,11	0,02	0,01	0,00	1,40
A4	1,11	0,11	0,04	0,01	0,00	1,26
A5	1,38	0,17	0,05	0,01	0,00	1,61
A6	1,56	0,23	0,07	0,01	0,00	1,87
A7	1,92	0,32	0,12	0,02	0,00	2,38
A8	2,59	0,59	0,21	0,04	0,00	3,43
A9	3,45	0,80	0,19	0,05	0,00	4,49
A10	10,02	1,54	0,32	0,07	0,00	11,95
A11	3,20	0,71	0,17	0,04	0,00	4,13
A12	2,14	0,50	0,19	0,02	0,00	2,84
A13	1,80	0,35	0,12	0,01	0,00	2,28
A14	1,62	0,21	0,06	0,01	0,00	1,89
A15	1,39	0,15	0,04	0,01	0,00	1,58
A16	1,28	0,11	0,02	0,00	0,00	1,42
A17	1,10	0,08	0,03	0,00	0,00	1,21
A18	2,33	0,15	0,02	0,00	0,00	2,50
A19	1,02	0,12	0,05	0,00	0,00	1,19
A20	1,21	0,09	0,01	0,00	0,00	1,31
A21	1,07	0,10	0,01	0,00	0,00	1,18
A22	1,41	0,14	0,01	0,00	0,00	1,56
A23	1,59	0,13	0,02	0,00	0,00	1,73
A24	1,40	0,19	0,03	0,00	0,00	1,62
A25	1,60	0,26	0,04	0,00	0,00	1,90
A26	6,98	0,92	0,13	0,01	0,00	8,05
A27	1,65	0,26	0,03	0,00	0,00	1,95
A28	1,22	0,15	0,02	0,00	0,00	1,39
A29	1,27	0,12	0,02	0,00	0,00	1,41
A30	1,04	0,11	0,02	0,00	0,00	1,17
A31	1,20	0,13	0,02	0,00	0,00	1,35
A32	0,91	0,10	0,02	0,00	0,00	1,03
A33	1,16	0,12	0,02	0,01	0,00	1,30
A34	2,21	0,25	0,04	0,01	0,00	2,50
TOTAL	82,07	13,66	3,32	0,89	0,05	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,34	1,45	0,47	0,32	0,06	6,63
Planar	9,35	2,92	0,95	0,30	0,02	13,53
A2	3,45	0,85	0,05	0,01	0,00	4,37
A3	1,21	0,14	0,04	0,01	0,00	1,40
A4	1,05	0,14	0,05	0,01	0,00	1,24
A5	1,23	0,19	0,06	0,01	0,00	1,49
A6	1,39	0,26	0,08	0,02	0,00	1,75
A7	1,61	0,35	0,14	0,03	0,00	2,13
A8	2,22	0,66	0,25	0,05	0,00	3,18
A9	3,01	0,84	0,25	0,07	0,00	4,17
A10	9,39	1,79	0,42	0,10	0,00	11,70
A11	2,94	0,79	0,22	0,06	0,00	4,01
A12	1,80	0,50	0,21	0,03	0,00	2,53
A13	1,55	0,34	0,14	0,02	0,00	2,04
A14	1,39	0,21	0,07	0,01	0,00	1,68
A15	1,34	0,16	0,05	0,01	0,00	1,56
A16	1,21	0,13	0,04	0,01	0,00	1,39
A17	0,97	0,10	0,02	0,00	0,00	1,10
A18	2,66	0,17	0,03	0,00	0,00	2,85
A19	0,95	0,14	0,06	0,00	0,00	1,16
A20	1,03	0,09	0,02	0,00	0,00	1,14
A21	1,02	0,10	0,02	0,00	0,00	1,14
A22	1,34	0,20	0,02	0,00	0,00	1,56
A23	1,51	0,18	0,02	0,00	0,00	1,72
A24	1,39	0,22	0,04	0,00	0,00	1,66
A25	1,57	0,32	0,06	0,00	0,00	1,96
A26	7,33	1,25	0,19	0,03	0,00	8,79
A27	1,70	0,31	0,06	0,00	0,00	2,08
A28	1,08	0,16	0,03	0,00	0,00	1,27
A29	1,15	0,15	0,03	0,00	0,00	1,33
A30	1,04	0,14	0,02	0,00	0,00	1,20
A31	1,05	0,12	0,02	0,00	0,00	1,20
A32	0,87	0,10	0,02	0,01	0,00	1,00
A33	1,11	0,14	0,03	0,01	0,00	1,28
A34	2,43	0,29	0,05	0,01	0,00	2,78
TOTAL	78,66	15,91	4,20	1,15	0,09	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,94	1,59	0,56	0,30	0,06	6,44
Planar	8,89	3,50	1,24	0,43	0,05	14,09
A2	3,85	1,09	0,08	0,02	0,00	5,04
A3	1,10	0,19	0,05	0,01	0,00	1,36
A4	0,98	0,16	0,06	0,02	0,00	1,21
A5	1,14	0,19	0,07	0,02	0,00	1,42
A6	1,22	0,26	0,10	0,03	0,00	1,60
A7	1,38	0,37	0,17	0,04	0,00	1,96
A8	1,82	0,73	0,31	0,07	0,00	2,92
A9	2,45	0,87	0,32	0,09	0,01	3,75
A10	8,64	2,00	0,55	0,16	0,01	11,37
A11	2,70	0,92	0,29	0,08	0,00	3,98
A12	1,53	0,49	0,23	0,04	0,00	2,29
A13	1,41	0,34	0,15	0,03	0,00	1,92
A14	1,20	0,23	0,08	0,02	0,00	1,52
A15	1,40	0,18	0,06	0,01	0,00	1,65
A16	1,08	0,17	0,06	0,01	0,00	1,32
A17	0,95	0,15	0,06	0,01	0,00	1,17
A18	2,78	0,21	0,04	0,01	0,00	3,04
A19	0,88	0,18	0,06	0,01	0,00	1,12
A20	0,96	0,14	0,03	0,00	0,00	1,13
A21	0,91	0,13	0,03	0,00	0,00	1,07
A22	1,19	0,24	0,04	0,00	0,00	1,48
A23	1,41	0,23	0,04	0,00	0,00	1,68
A24	1,36	0,28	0,06	0,00	0,00	1,71
A25	1,60	0,39	0,08	0,01	0,00	2,07
A26	7,60	1,64	0,31	0,06	0,01	9,60
A27	1,61	0,38	0,07	0,01	0,00	2,06
A28	0,94	0,21	0,05	0,01	0,00	1,21
A29	1,03	0,17	0,04	0,00	0,00	1,24
A30	0,92	0,15	0,03	0,00	0,00	1,10
A31	1,10	0,15	0,03	0,01	0,00	1,29
A32	0,80	0,13	0,03	0,01	0,00	0,97
A33	1,06	0,17	0,04	0,01	0,00	1,28
A34	2,51	0,36	0,07	0,02	0,00	2,96
TOTAL	74,30	18,56	5,47	1,51	0,16	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,85	1,76	0,71	0,35	0,07	6,72
Planar	8,55	3,92	1,61	0,61	0,10	14,79
A2	4,38	1,46	0,12	0,03	0,00	5,98
A3	1,07	0,20	0,06	0,02	0,00	1,35
A4	0,86	0,18	0,07	0,02	0,00	1,14
A5	0,92	0,21	0,08	0,03	0,00	1,25
A6	1,03	0,26	0,11	0,04	0,00	1,44
A7	1,15	0,36	0,19	0,06	0,01	1,77
A8	1,48	0,79	0,36	0,10	0,01	2,74
A9	1,93	0,80	0,39	0,14	0,02	3,27
A10	7,65	2,16	0,71	0,24	0,02	10,78
A11	2,24	0,95	0,40	0,12	0,01	3,71
A12	1,19	0,48	0,26	0,06	0,00	1,99
A13	1,29	0,37	0,16	0,04	0,00	1,86
A14	1,07	0,28	0,09	0,02	0,00	1,46
A15	1,27	0,24	0,07	0,02	0,00	1,61
A16	0,96	0,22	0,08	0,02	0,00	1,27
A17	0,91	0,19	0,08	0,01	0,00	1,19
A18	2,47	0,29	0,07	0,01	0,00	2,84
A19	0,85	0,29	0,06	0,01	0,00	1,21
A20	0,87	0,19	0,06	0,01	0,00	1,12
A21	0,94	0,19	0,04	0,01	0,00	1,17
A22	1,02	0,27	0,06	0,01	0,00	1,36
A23	1,38	0,31	0,07	0,01	0,00	1,78
A24	1,34	0,35	0,10	0,01	0,00	1,80
A25	1,62	0,49	0,11	0,01	0,00	2,23
A26	7,66	1,93	0,46	0,09	0,02	10,16
A27	1,56	0,47	0,09	0,01	0,00	2,13
A28	0,80	0,25	0,08	0,01	0,00	1,13
A29	0,97	0,24	0,07	0,01	0,00	1,28
A30	0,84	0,19	0,04	0,01	0,00	1,07
A31	0,97	0,19	0,06	0,01	0,00	1,22
A32	0,71	0,14	0,04	0,01	0,00	0,90
A33	0,99	0,22	0,06	0,01	0,00	1,28
A34	2,48	0,41	0,10	0,03	0,00	3,01
TOTAL	69,27	21,22	7,09	2,15	0,28	

## A.25 Class F: SlideEditing

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,48	0,46	0,11	0,02	0,00	4,07
Planar	6,95	1,83	0,66	0,04	0,00	9,48
A2	4,48	0,39	0,03	0,00	0,00	4,91
A3	1,01	0,05	0,00	0,00	0,00	1,06
A4	1,38	0,06	0,00	0,00	0,00	1,44
A5	1,16	0,08	0,00	0,00	0,00	1,24
A6	1,24	0,05	0,00	0,00	0,00	1,29
A7	1,26	0,05	0,01	0,00	0,00	1,32
A8	1,14	0,11	0,00	0,00	0,00	1,25
A9	2,73	0,50	0,01	0,00	0,00	3,24
A10	13,92	4,23	0,76	0,18	0,03	19,13
A11	1,63	0,19	0,00	0,00	0,00	1,82
A12	0,99	0,03	0,00	0,00	0,00	1,02
A13	1,27	0,02	0,00	0,00	0,00	1,28
A14	1,26	0,02	0,00	0,00	0,00	1,29
A15	1,06	0,02	0,00	0,00	0,00	1,08
A16	0,84	0,03	0,00	0,00	0,00	0,87
A17	0,96	0,05	0,01	0,00	0,00	1,02
A18	2,13	0,13	0,05	0,00	0,00	2,30
A19	1,80	0,24	0,33	0,03	0,00	2,41
A20	1,41	0,21	0,26	0,02	0,00	1,89
A21	1,64	0,08	0,04	0,00	0,00	1,76
A22	1,35	0,06	0,01	0,00	0,00	1,41
A23	1,08	0,04	0,02	0,00	0,00	1,15
A24	1,44	0,09	0,02	0,00	0,00	1,55
A25	1,64	0,13	0,06	0,00	0,00	1,83
A26	15,74	1,67	0,79	0,16	0,00	18,36
A27	2,05	0,10	0,01	0,00	0,00	2,16
A28	1,43	0,02	0,00	0,00	0,00	1,45
A29	1,28	0,06	0,00	0,00	0,00	1,34
A30	0,79	0,04	0,00	0,00	0,00	0,83
A31	0,92	0,03	0,00	0,00	0,00	0,95
A32	0,66	0,02	0,00	0,00	0,00	0,69
A33	0,78	0,03	0,00	0,00	0,00	0,81
A34	2,22	0,10	0,02	0,00	0,00	2,34
TOTAL	85,09	11,18	3,23	0,46	0,04	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,19	0,55	0,08	0,02	0,00	3,84
Planar	7,26	1,87	0,72	0,09	0,00	9,94
A2	4,52	0,39	0,05	0,00	0,00	4,96
A3	1,25	0,08	0,02	0,00	0,00	1,35
A4	1,23	0,08	0,01	0,00	0,00	1,32
A5	1,07	0,08	0,00	0,00	0,00	1,15
A6	1,47	0,05	0,00	0,00	0,00	1,52
A7	1,13	0,06	0,01	0,00	0,00	1,19
A8	1,27	0,10	0,00	0,00	0,00	1,37
A9	2,65	0,54	0,02	0,00	0,00	3,21
A10	13,18	4,55	0,81	0,21	0,04	18,78
A11	1,66	0,20	0,01	0,00	0,00	1,87
A12	1,07	0,05	0,00	0,00	0,00	1,11
A13	1,17	0,02	0,00	0,00	0,00	1,19
A14	1,37	0,03	0,00	0,00	0,00	1,40
A15	0,99	0,02	0,00	0,00	0,00	1,02
A16	1,21	0,03	0,02	0,00	0,00	1,26
A17	1,02	0,05	0,01	0,00	0,00	1,08
A18	1,97	0,05	0,02	0,00	0,00	2,05
A19	1,45	0,12	0,08	0,04	0,00	1,70
A20	1,19	0,10	0,08	0,03	0,00	1,40
A21	1,62	0,06	0,01	0,00	0,00	1,69
A22	1,33	0,05	0,00	0,00	0,00	1,38
A23	1,13	0,03	0,00	0,00	0,00	1,17
A24	1,25	0,08	0,01	0,00	0,00	1,34
A25	1,90	0,16	0,08	0,00	0,00	2,14
A26	15,41	1,82	0,75	0,19	0,00	18,17
A27	2,18	0,13	0,01	0,00	0,00	2,33
A28	1,49	0,04	0,00	0,00	0,00	1,53
A29	1,36	0,06	0,00	0,00	0,00	1,42
A30	0,77	0,03	0,00	0,00	0,00	0,80
A31	1,06	0,03	0,00	0,00	0,00	1,09
A32	0,64	0,01	0,00	0,00	0,00	0,65
A33	1,07	0,08	0,00	0,00	0,00	1,15
A34	2,33	0,09	0,02	0,00	0,00	2,44
TOTAL	84,84	11,68	2,83	0,60	0,05	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,20	0,70	0,10	0,02	0,00	4,02
Planar	7,74	1,94	0,66	0,12	0,01	10,46
A2	4,59	0,50	0,07	0,00	0,00	5,16
A3	1,11	0,07	0,00	0,00	0,00	1,18
A4	1,31	0,05	0,01	0,00	0,00	1,37
A5	1,22	0,05	0,00	0,00	0,00	1,27
A6	1,28	0,08	0,00	0,00	0,00	1,36
A7	1,23	0,09	0,00	0,00	0,00	1,33
A8	1,08	0,07	0,00	0,00	0,00	1,15
A9	2,84	0,64	0,03	0,00	0,00	3,51
A10	12,02	4,54	0,85	0,26	0,04	17,71
A11	1,91	0,26	0,01	0,00	0,00	2,18
A12	0,91	0,03	0,00	0,00	0,00	0,94
A13	1,20	0,02	0,00	0,00	0,00	1,22
A14	1,42	0,01	0,00	0,00	0,00	1,43
A15	0,91	0,02	0,01	0,00	0,00	0,94
A16	1,18	0,04	0,02	0,00	0,00	1,23
A17	0,96	0,04	0,01	0,00	0,00	1,01
A18	2,00	0,05	0,01	0,00	0,00	2,07
A19	1,41	0,07	0,02	0,03	0,01	1,54
A20	1,02	0,06	0,03	0,03	0,00	1,13
A21	1,50	0,06	0,02	0,00	0,00	1,57
A22	1,17	0,04	0,01	0,00	0,00	1,22
A23	1,27	0,04	0,00	0,00	0,00	1,31
A24	1,44	0,11	0,02	0,00	0,00	1,57
A25	2,13	0,17	0,08	0,00	0,00	2,38
A26	14,95	1,95	0,79	0,20	0,01	17,89
A27	2,70	0,17	0,02	0,00	0,00	2,88
A28	1,52	0,07	0,00	0,00	0,00	1,59
A29	1,23	0,05	0,00	0,00	0,00	1,28
A30	0,78	0,03	0,00	0,00	0,00	0,81
A31	0,91	0,04	0,00	0,00	0,00	0,95
A32	0,69	0,02	0,00	0,00	0,00	0,72
A33	1,01	0,06	0,00	0,00	0,00	1,08
A34	2,43	0,10	0,02	0,00	0,00	2,54
TOTAL	84,25	12,23	2,79	0,66	0,06	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	4,03	1,00	0,14	0,02	0,00	5,19
Planar	9,12	2,02	0,65	0,14	0,02	11,94
A2	4,44	0,61	0,07	0,00	0,00	5,12
A3	1,43	0,08	0,01	0,00	0,00	1,52
A4	1,49	0,09	0,02	0,00	0,00	1,60
A5	1,11	0,10	0,00	0,00	0,00	1,21
A6	1,21	0,11	0,00	0,00	0,00	1,32
A7	0,91	0,08	0,00	0,00	0,00	1,00
A8	1,06	0,12	0,01	0,00	0,00	1,18
A9	2,91	0,70	0,04	0,00	0,00	3,65
A10	10,29	4,55	0,90	0,28	0,05	16,06
A11	2,13	0,28	0,02	0,00	0,00	2,43
A12	0,72	0,08	0,00	0,00	0,00	0,80
A13	1,08	0,04	0,00	0,00	0,00	1,13
A14	1,16	0,02	0,00	0,00	0,00	1,19
A15	1,07	0,03	0,01	0,00	0,00	1,12
A16	0,94	0,03	0,01	0,00	0,00	0,98
A17	1,12	0,05	0,01	0,00	0,00	1,18
A18	1,55	0,07	0,01	0,00	0,00	1,63
A19	1,09	0,05	0,01	0,01	0,00	1,16
A20	0,97	0,03	0,01	0,02	0,00	1,03
A21	1,22	0,05	0,01	0,00	0,00	1,27
A22	1,06	0,06	0,00	0,00	0,00	1,12
A23	1,13	0,05	0,00	0,00	0,00	1,19
A24	1,78	0,16	0,02	0,00	0,00	1,96
A25	2,48	0,20	0,09	0,00	0,00	2,77
A26	13,65	2,12	0,84	0,22	0,01	16,85
A27	3,37	0,20	0,02	0,00	0,00	3,59
A28	1,61	0,06	0,00	0,00	0,00	1,67
A29	1,32	0,04	0,00	0,00	0,00	1,36
A30	0,75	0,05	0,00	0,00	0,00	0,80
A31	0,81	0,04	0,00	0,00	0,00	0,85
A32	0,59	0,04	0,00	0,00	0,00	0,63
A33	1,04	0,10	0,00	0,00	0,00	1,14
A34	2,24	0,12	0,03	0,00	0,00	2,39
TOTAL	82,85	13,42	2,94	0,72	0,08	



## A.26 Class F: SlideShow

QP=22

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	3,01	1,72	1,18	0,63	0,10	6,63
Planar	5,52	2,54	1,57	0,36	0,47	10,46
A2	2,29	0,75	0,21	0,06	0,00	3,31
A3	0,88	0,19	0,08	0,02	0,00	1,17
A4	0,80	0,18	0,07	0,01	0,00	1,06
A5	0,87	0,23	0,10	0,02	0,00	1,24
A6	0,83	0,20	0,05	0,01	0,00	1,09
A7	0,95	0,19	0,07	0,02	0,00	1,22
A8	0,90	0,27	0,10	0,02	0,00	1,28
A9	1,24	0,53	0,20	0,03	0,00	2,00
A10	6,16	2,03	0,95	0,30	0,03	9,46
A11	0,85	0,28	0,12	0,02	0,01	1,27
A12	0,77	0,21	0,10	0,01	0,00	1,10
A13	1,17	0,22	0,06	0,01	0,00	1,46
A14	1,10	0,22	0,06	0,01	0,00	1,38
A15	0,92	0,18	0,05	0,01	0,00	1,16
A16	0,93	0,15	0,07	0,01	0,00	1,16
A17	1,07	0,18	0,06	0,01	0,00	1,32
A18	1,54	0,27	0,09	0,02	0,01	1,92
A19	1,10	0,16	0,07	0,01	0,00	1,34
A20	1,08	0,14	0,07	0,02	0,01	1,32
A21	1,11	0,21	0,08	0,01	0,00	1,41
A22	1,96	0,26	0,10	0,01	0,00	2,33
A23	2,33	0,35	0,13	0,02	0,00	2,82
A24	2,34	0,58	0,16	0,02	0,00	3,11
A25	2,37	0,57	0,16	0,03	0,00	3,13
A26	12,33	3,71	1,59	0,69	0,78	19,09
A27	2,43	0,58	0,18	0,03	0,00	3,22
A28	1,83	0,33	0,10	0,02	0,00	2,27
A29	1,89	0,36	0,12	0,02	0,00	2,39
A30	1,43	0,25	0,08	0,02	0,00	1,78
A31	1,22	0,23	0,10	0,02	0,00	1,57
A32	0,90	0,16	0,06	0,03	0,00	1,14
A33	1,02	0,20	0,06	0,01	0,00	1,30
A34	1,53	0,37	0,16	0,04	0,01	2,10
TOTAL	68,64	18,96	8,39	2,56	1,45	

QP=27

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,72	1,62	0,97	0,54	0,11	5,96
Planar	5,45	2,54	1,79	0,49	0,54	10,80
A2	2,30	0,81	0,25	0,06	0,01	3,42
A3	0,92	0,18	0,07	0,03	0,00	1,20
A4	0,75	0,16	0,07	0,02	0,00	1,00
A5	0,82	0,24	0,10	0,01	0,00	1,17
A6	0,83	0,19	0,06	0,02	0,00	1,10
A7	0,93	0,20	0,07	0,01	0,00	1,22
A8	0,95	0,25	0,11	0,02	0,00	1,33
A9	1,23	0,44	0,19	0,03	0,00	1,89
A10	5,82	2,09	0,82	0,44	0,04	9,21
A11	0,94	0,32	0,12	0,02	0,00	1,40
A12	0,71	0,23	0,10	0,02	0,00	1,06
A13	1,12	0,22	0,05	0,01	0,01	1,42
A14	1,08	0,24	0,07	0,01	0,00	1,39
A15	0,87	0,18	0,06	0,01	0,00	1,12
A16	0,96	0,19	0,07	0,01	0,01	1,24
A17	1,05	0,19	0,07	0,02	0,00	1,32
A18	1,48	0,26	0,08	0,01	0,01	1,84
A19	1,08	0,20	0,06	0,01	0,00	1,35
A20	1,19	0,14	0,07	0,02	0,01	1,43
A21	1,17	0,16	0,09	0,01	0,01	1,44
A22	1,99	0,30	0,12	0,02	0,00	2,42
A23	2,24	0,37	0,15	0,02	0,00	2,78
A24	2,19	0,61	0,20	0,03	0,00	3,03
A25	2,52	0,62	0,14	0,03	0,01	3,32
A26	12,09	3,96	1,93	0,83	0,89	19,70
A27	2,44	0,60	0,18	0,04	0,00	3,25
A28	1,65	0,33	0,10	0,02	0,00	2,10
A29	1,82	0,38	0,13	0,02	0,00	2,36
A30	1,39	0,26	0,11	0,02	0,00	1,78
A31	1,15	0,19	0,07	0,02	0,00	1,43
A32	0,84	0,18	0,06	0,02	0,00	1,10
A33	0,92	0,22	0,09	0,04	0,00	1,27
A34	1,53	0,42	0,16	0,05	0,01	2,17
TOTAL	67,12	19,46	8,75	2,98	1,71	

QP=32

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,69	1,61	0,82	0,45	0,11	5,69
Planar	5,43	2,57	1,88	0,52	0,65	11,05
A2	2,34	0,93	0,29	0,08	0,01	3,64
A3	0,95	0,18	0,06	0,03	0,00	1,22
A4	0,66	0,15	0,10	0,02	0,00	0,94
A5	0,79	0,26	0,08	0,01	0,00	1,14
A6	0,84	0,16	0,06	0,01	0,00	1,07
A7	0,90	0,21	0,08	0,03	0,00	1,21
A8	0,85	0,24	0,08	0,03	0,00	1,20
A9	1,19	0,46	0,21	0,04	0,00	1,90
A10	5,58	2,11	1,04	0,52	0,07	9,32
A11	0,94	0,27	0,12	0,02	0,00	1,36
A12	0,71	0,22	0,10	0,02	0,00	1,05
A13	1,06	0,24	0,07	0,01	0,00	1,38
A14	1,05	0,24	0,07	0,01	0,02	1,39
A15	0,85	0,17	0,07	0,01	0,02	1,12
A16	0,98	0,16	0,06	0,01	0,00	1,22
A17	0,95	0,18	0,07	0,01	0,00	1,22
A18	1,28	0,22	0,07	0,01	0,01	1,58
A19	0,98	0,20	0,06	0,02	0,01	1,27
A20	1,24	0,16	0,07	0,02	0,01	1,49
A21	1,21	0,21	0,09	0,02	0,01	1,54
A22	1,93	0,36	0,11	0,02	0,00	2,42
A23	2,13	0,41	0,16	0,03	0,00	2,73
A24	2,18	0,56	0,20	0,03	0,00	2,97
A25	2,70	0,73	0,19	0,06	0,01	3,69
A26	11,66	4,29	2,26	0,99	1,06	20,26
A27	2,48	0,58	0,19	0,03	0,01	3,30
A28	1,50	0,36	0,10	0,02	0,00	1,97
A29	1,67	0,42	0,16	0,02	0,00	2,28
A30	1,42	0,31	0,12	0,03	0,01	1,88
A31	1,04	0,21	0,07	0,03	0,00	1,35
A32	0,81	0,18	0,07	0,02	0,00	1,09
A33	0,84	0,23	0,10	0,04	0,01	1,22
A34	1,29	0,36	0,16	0,04	0,01	1,86
TOTAL	65,10	20,13	9,44	3,27	2,05	

QP=37

	4x4	8x8	16x16	32x32	64x64	TOTAL
DC	2,56	1,74	0,85	0,49	0,13	5,77
Planar	5,60	3,09	2,17	0,75	0,79	12,40
A2	2,32	1,05	0,37	0,09	0,01	3,85
A3	0,85	0,21	0,08	0,03	0,00	1,18
A4	0,67	0,17	0,06	0,02	0,01	0,93
A5	0,72	0,27	0,09	0,02	0,00	1,11
A6	0,72	0,20	0,07	0,02	0,00	1,00
A7	0,83	0,23	0,08	0,02	0,00	1,16
A8	0,75	0,25	0,11	0,02	0,00	1,13
A9	1,13	0,44	0,21	0,06	0,01	1,84
A10	4,89	2,25	1,13	0,61	0,13	9,01
A11	1,00	0,35	0,16	0,04	0,01	1,56
A12	0,70	0,25	0,10	0,03	0,00	1,07
A13	1,00	0,28	0,08	0,02	0,01	1,37
A14	0,85	0,26	0,06	0,01	0,02	1,19
A15	0,96	0,20	0,06	0,01	0,01	1,24
A16	0,79	0,14	0,07	0,01	0,00	1,01
A17	0,95	0,20	0,06	0,01	0,01	1,23
A18	1,19	0,28	0,06	0,01	0,00	1,54
A19	0,93	0,18	0,07	0,01	0,00	1,19
A20	1,10	0,17	0,07	0,02	0,02	1,38
A21	1,12	0,25	0,08	0,01	0,01	1,48
A22	1,87	0,50	0,11	0,01	0,00	2,50
A23	1,97	0,48	0,14	0,03	0,01	2,64
A24	1,93	0,69	0,23	0,05	0,00	2,91
A25	2,67	0,90	0,26	0,06	0,01	3,90
A26	10,63	4,93	2,62	1,09	1,36	20,62
A27	2,40	0,65	0,21	0,04	0,01	3,30
A28	1,30	0,47	0,10	0,02	0,00	1,88
A29	1,44	0,45	0,15	0,02	0,00	2,05
A30	1,14	0,39	0,13	0,03	0,00	1,69
A31	0,83	0,23	0,08	0,03	0,00	1,16
A32	0,56	0,17	0,07	0,02	0,01	0,83
A33	0,79	0,27	0,12	0,03	0,01	1,21
A34	1,05	0,36	0,17	0,05	0,02	1,65
TOTAL	60,20	22,96	10,47	3,77	2,60	

## **Apêndice B – Análise do Impacto na Relação Taxa-Distorção Causado por Alterações no Módulo de Predição Intraquadro**

Toda proposta de alteração em um codificador de referência deve ser avaliada em termos de taxa-distorção e/ou tempo de execução. Este apêndice apresenta os resultados de taxa-distorção relacionados às alterações propostas pelas arquiteturas do capítulo 5.

Para a obtenção dos resultados foi utilizado o software de referência HM 16.2 em sua configuração *All Intra*, para QPs e sequências de teste de acordo com as CTCs (BOSSSEN, 2013). Os resultados comparativos são expressados em Kbps (*Kilobit per second*) para taxa de bits, PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*) para distorção, e BD-rate para a diferença média de taxa de bits considerando um mesmo PSNR. Maiores informações sobre a métrica BD-rate podem ser consultadas em Bjøntegaard (2001).

A seção B.1 mostra os resultados de codificação do software de referência inalterado; a seção B.2 compara os resultados do software limitado a trabalhar apenas com PUs de tamanho 4×4, modos de predição {0, 1, 10, 26} e modo de decisão interno baseado no melhor SAD; a seção B.3 compara resultados do software limitado a trabalhar apenas com PU de tamanho 4×4, todos modos de predição e modo de decisão baseado no melhor SAD; e por fim, a seção B.4 compara resultados do software com substituição apenas no modo de decisão interno de RMD para oito melhores SADs.

## B.1 Resultados do Codificador de Referência HM 16.2

Parâmetros de Codificação			Software de Referência			
Classe	Sequência	QP	Kbps	Y psnr	U psnr	V psnr
A	Traffic	22	101857,26	43,35	42,89	44,73
		27	57381,36	40,16	40,23	42,24
		32	32742,97	37,12	38,35	40,46
		37	18509,67	34,10	37,06	39,29
	PeopleOnStreet	22	104688,72	43,26	45,54	45,28
		27	60853,14	39,82	43,12	43,44
		32	34779,40	36,70	41,12	41,77
		37	20385,45	33,83	39,64	40,49
	Nebuta	22	402918,34	42,23	40,89	40,34
		27	248339,06	38,64	38,45	37,10
		32	154112,82	34,75	36,86	35,64
		37	81515,71	30,63	35,67	34,50
	SteamLocomotive	22	100341,69	43,67	46,41	46,06
		27	46329,43	41,31	45,59	45,35
		32	26039,55	39,77	45,02	44,93
		37	14508,33	38,07	44,54	44,51
B	Kimono	22	22229,64	42,70	44,42	45,90
		27	12151,34	41,01	42,57	43,59
		32	6847,09	38,95	41,11	42,05
		37	3820,44	36,51	40,07	41,16
	ParkScene	22	52729,32	41,68	43,20	44,05
		27	28587,52	38,60	40,57	41,30
		32	14837,31	35,61	38,63	39,68
		37	7300,07	32,79	37,36	38,83
	Cactus	22	105374,86	40,57	41,65	44,13
		27	48706,74	37,93	39,41	42,01
		32	26368,32	35,69	38,32	40,28
		37	14280,55	33,26	37,47	38,96
	BasketballDrive	22	71111,18	41,25	44,38	45,96
		27	29162,35	38,71	42,87	43,78
		32	15230,12	36,95	41,48	41,86
		37	8496,70	34,98	40,36	40,39
	BQTerrace	22	180133,11	42,37	42,68	44,43
		27	79338,85	37,08	40,74	42,92
		32	40350,43	34,47	39,27	41,69
		37	21780,33	32,01	38,25	40,76
C	BasketballDrill	22	20807,24	41,76	43,82	44,44
		27	11313,93	38,37	41,03	41,28
		32	6076,50	35,41	38,80	38,85
		37	3355,94	32,77	37,17	37,07
	BQMall	22	23372,67	41,92	44,01	45,42
		27	13971,11	39,02	41,61	42,76
		32	8221,00	35,97	39,67	40,65
		37	4694,29	32,89	38,25	39,14
	PartyScene	22	43865,14	41,08	42,47	43,33
		27	27227,90	36,87	39,26	40,03
		32	16226,49	33,06	37,06	37,74
		37	8798,37	29,37	35,55	36,18
	RaceHorses	22	14997,72	42,29	43,46	44,31
		27	9001,66	38,91	40,17	41,58
		32	5108,80	35,49	37,82	39,64
		37	2575,91	32,12	36,38	38,17

D	<i>BasketballPass</i>	22	5505,33	42,67	44,99	44,89
		27	3253,49	39,10	41,87	41,55
		32	1843,22	35,70	39,49	39,02
		37	1013,90	32,55	37,88	37,20
	<i>BQSquare</i>	22	13014,78	41,21	43,23	44,19
		27	8254,73	36,81	40,59	41,62
		32	5076,82	33,00	38,97	39,85
		37	3013,57	29,45	37,92	38,58
	<i>BlowingBubbles</i>	22	11454,18	41,03	42,12	42,82
		27	7070,76	36,72	38,98	39,49
		32	4023,52	32,74	36,69	37,11
		37	2072,66	29,21	35,11	35,52
	<i>RaceHorses</i>	22	4459,82	42,42	43,04	43,91
		27	2684,21	38,41	39,64	40,92
		32	1475,34	34,58	37,38	38,61
		37	743,93	31,28	35,79	36,91
E	<i>FourPeople</i>	22	30226,25	43,80	46,81	47,93
		27	18534,30	41,23	44,49	45,71
		32	11402,05	38,36	42,50	43,69
		37	6930,36	35,27	41,13	42,22
	<i>Johnny</i>	22	20139,34	44,05	48,08	48,62
		27	11231,58	41,84	46,19	46,75
		32	6424,15	39,50	44,34	44,91
		37	3710,37	36,90	42,81	43,30
	<i>KristenAndSara</i>	22	22190,57	44,42	47,51	48,32
		27	13258,82	42,10	45,42	46,32
		32	8032,01	39,46	43,47	44,45
		37	4861,65	36,57	42,05	42,92
F	<i>BasketballDrillText</i>	22	22723,98	41,98	43,79	44,38
		27	13149,71	38,53	40,75	41,03
		32	7612,10	35,43	38,27	38,38
		37	4475,31	32,53	36,37	36,39
	<i>ChinaSpeed</i>	22	22773,91	44,90	46,64	47,03
		27	15164,20	40,97	43,27	43,57
		32	9877,17	37,20	40,71	40,77
		37	6431,99	33,60	38,98	38,85
	<i>SlideEditing</i>	22	33420,15	46,61	45,54	45,62
		27	24984,56	42,25	41,12	41,32
		32	19051,74	37,72	38,89	39,03
		37	14252,28	32,95	37,81	37,37
	<i>SlideShow</i>	22	5181,75	50,78	53,23	54,17
		27	3527,66	47,13	49,75	50,87
		32	2417,29	43,47	47,00	48,30
		37	1623,82	39,49	44,85	46,03

## B.2 Resultados Comparativos para PUs 4x4, Modos {0, 1, 10, 26} e 1 SAD

Parâmetros de Codificação			Software Modificado				BD-rate (cubica por partes)		
Classe	Sequência	QP	Kbps	Y psnr	U psnr	V psnr	Y	U	V
A	Traffic	22	115912,24	42,97	42,83	44,64	45,19%	32,03%	34,65%
		27	69996,12	39,54	40,06	42,02			
		32	43978,79	36,12	38,09	40,10			
		37	29207,21	32,69	36,65	38,76			
	PeopleOnStreet	22	119337,23	42,86	45,42	45,23	39,47%	35,30%	38,13%
		27	73777,22	39,32	42,84	43,18			
		32	46565,46	36,00	40,77	41,32			
		37	31436,50	32,75	39,11	39,85			
	Nebuta	22	488410,35	41,43	40,91	40,13	43,88%	25,74%	25,34%
		27	303301,59	37,35	38,45	37,12			
		32	185376,26	33,38	36,68	35,46			
		37	108199,70	29,69	35,27	34,15			
	SteamLocomotive	22	127408,15	43,30	46,30	45,98	99,76%	112,97%	119,46%
		27	72093,03	40,76	45,18	44,94			
		32	48823,53	38,46	44,41	44,22			
		37	36526,18	35,73	43,98	43,74			
B	Kimono	22	28331,87	42,45	44,28	45,71	84,61%	62,72%	58,78%
		27	16863,10	40,32	42,29	43,30			
		32	10996,02	37,75	40,64	41,53			
		37	7950,87	34,63	39,37	40,39			
	ParkScene	22	56493,87	41,44	43,09	43,90	31,91%	24,24%	22,25%
		27	32350,58	38,21	40,41	41,17			
		32	18576,63	35,02	38,40	39,48			
		37	11119,92	31,95	37,03	38,47			
	Cactus	22	119553,96	40,53	41,57	44,03	44,07%	32,11%	40,95%
		27	60505,66	37,64	39,36	41,79			
		32	36671,74	35,07	38,15	39,93			
		37	24018,93	32,20	37,14	38,42			
	BasketballDrive	22	84022,11	40,89	44,31	45,80	82,33%	77,48%	74,40%
		27	41980,71	38,24	42,48	43,28			
		32	25682,45	35,80	40,88	41,23			
		37	18500,77	33,09	39,56	39,61			
	BQTerrace	22	191989,25	40,95	42,69	44,40	41,32%	34,33%	44,39%
		27	96476,79	36,71	40,59	42,63			
		32	56699,24	33,94	39,04	41,31			
		37	36170,55	31,08	37,93	40,36			
C	BasketballDrill	22	27703,50	41,65	43,83	44,50	58,67%	54,35%	53,98%
		27	15965,83	38,04	40,86	41,07			
		32	9335,21	34,82	38,40	38,43			
		37	5841,59	31,72	36,58	36,47			
	BQMall	22	26424,58	41,64	43,92	45,26	37,87%	28,72%	29,80%
		27	16471,29	38,44	41,39	42,50			
		32	10427,06	35,03	39,40	40,29			
		37	6740,51	31,54	37,81	38,64			
	PartyScene	22	45692,59	40,81	42,44	43,28	13,69%	9,63%	10,04%
		27	28993,67	36,60	39,19	39,94			
		32	17798,66	32,65	36,96	37,62			
		37	10291,47	28,78	35,41	36,01			
	RaceHorses	22	16848,45	42,12	43,21	44,17	32,25%	27,00%	29,03%
		27	10550,32	38,53	39,90	41,39			
		32	6405,04	34,87	37,60	39,28			
		37	3792,15	31,27	36,06	37,68			

<b>D</b>	<i>BasketballPass</i>	22	6285,51	42,25	44,85	44,78	39,97%	32,79%	29,70%
		27	3930,56	38,49	41,58	41,31			
		32	2386,85	34,77	39,07	38,77			
		37	1476,61	31,41	37,23	36,90			
	<i>BQSquare</i>	22	14069,58	41,00	43,17	44,11	17,15%	15,81%	17,45%
		27	9137,92	36,54	40,47	41,42			
		32	5839,01	32,65	38,81	39,64			
		37	3662,78	29,00	37,71	38,32			
	<i>BlowingBubbles</i>	22	12143,61	40,78	42,09	42,77	15,63%	12,01%	12,41%
		27	7669,87	36,45	38,92	39,42			
		32	4525,96	32,41	36,60	37,00			
		37	2498,36	28,74	34,93	35,30			
	<i>RaceHorses</i>	22	4992,38	42,11	42,91	43,89	28,34%	22,52%	24,05%
		27	3102,97	37,98	39,56	40,81			
		32	1820,02	34,10	37,20	38,36			
		37	1053,21	30,67	35,45	36,53			
<b>E</b>	<i>FourPeople</i>	22	37020,05	43,39	46,63	47,68	61,16%	48,34%	51,83%
		27	24275,72	40,38	44,09	45,20			
		32	16596,71	37,03	42,03	43,16			
		37	11888,45	33,48	40,46	41,47			
	<i>Johnny</i>	22	28249,30	43,64	47,71	48,20	116,33%	110,98%	109,87%
		27	18321,17	40,98	45,43	46,10			
		32	12510,92	38,02	43,41	44,03			
		37	8878,04	34,77	41,87	42,22			
	<i>KristenAndSara</i>	22	29487,55	44,00	47,25	47,99	88,42%	79,35%	84,20%
		27	19672,08	41,26	44,79	45,56			
		32	13832,38	38,10	42,67	43,66			
		37	10268,26	34,67	41,09	41,86			
<b>F</b>	<i>BasketballDrillText</i>	22	29309,83	41,85	43,79	44,41	48,62%	43,64%	43,49%
		27	17668,54	38,17	40,59	40,83			
		32	10831,51	34,81	37,93	38,02			
		37	6935,61	31,48	35,89	35,91			
	<i>ChinaSpeed</i>	22	26557,79	44,32	46,41	46,80	36,77%	30,62%	29,94%
		27	18400,09	40,19	42,90	43,20			
		32	12652,41	36,12	40,29	40,41			
		37	8918,58	32,22	38,48	38,46			
	<i>SlideEditing</i>	22	37176,17	45,34	45,40	45,47	25,39%	14,97%	15,44%
		27	28388,91	40,81	40,98	41,18			
		32	22051,03	36,11	38,83	38,87			
		37	16838,76	31,25	37,66	37,23			
	<i>SlideShow</i>	22	7301,78	49,77	52,49	53,26	90,61%	80,72%	84,80%
		27	5538,25	45,76	48,91	49,97			
		32	4338,50	41,70	46,08	47,23			
		37	3462,51	37,34	43,90	45,03			

	BD-rate		
	Y	U	V
<b>Classe A</b>	57,1%	51,5%	54,4%
<b>Classe B</b>	56,8%	46,2%	48,2%
<b>Classe C</b>	35,6%	29,9%	30,7%
<b>Classe D</b>	25,3%	20,8%	20,9%
<b>Classe E</b>	88,6%	79,6%	82,0%
<b>Classe F</b>	50,3%	42,5%	43,4%
<b>GERAL</b>	<b>51,0%</b>	<b>43,7%</b>	<b>45,2%</b>

### B.3 Resultados Comparativos para PUs 4x4, Todos Modos e 1 SAD

Parâmetros de Codificação			Software Modificado				BD-rate (cubica por partes)		
Classe	Sequência	QP	Kbps	Y psnr	U psnr	V psnr	Y	U	V
A	Traffic	22	111568,42	43,16	42,83	44,64	33,42%	25,12%	27,39%
		27	66252,76	39,72	40,06	42,02			
		32	41358,54	36,31	38,10	40,11			
		37	27661,25	32,87	36,67	38,78			
	PeopleOnStreet	22	114067,12	43,05	45,42	45,24	26,15%	25,63%	28,45%
		27	68840,39	39,49	42,85	43,18			
		32	42711,30	36,19	40,80	41,33			
		37	28892,05	33,04	39,17	39,91			
	Nebuta	22	483884,08	41,61	40,89	40,12	36,69%	22,95%	22,89%
		27	296567,44	37,51	38,42	37,09			
		32	177281,16	33,50	36,66	35,43			
		37	99872,84	29,77	35,26	34,12			
	SteamLocomotive	22	126048,97	43,39	46,30	45,98	91,37%	108,50%	115,04%
		27	70373,86	40,83	45,18	44,94			
		32	47560,58	38,54	44,40	44,21			
		37	35762,34	35,79	43,97	43,72			
B	Kimono	22	27702,15	42,52	44,28	45,71	74,72%	57,25%	53,53%
		27	16258,86	40,40	42,29	43,30			
		32	10581,23	37,86	40,65	41,53			
		37	7683,99	34,74	39,38	40,40			
	ParkScene	22	56362,33	41,62	43,10	43,90	26,26%	22,09%	20,08%
		27	31851,89	38,34	40,41	41,18			
		32	18096,96	35,13	38,41	39,49			
		37	10741,80	32,04	37,03	38,47			
	Cactus	22	116922,11	40,70	41,58	44,03	30,56%	24,10%	31,87%
		27	56642,09	37,75	39,36	41,80			
		32	33585,60	35,22	38,15	39,93			
		37	21936,67	32,38	37,14	38,44			
	BasketballDrive	22	79887,83	41,02	44,29	45,77	60,50%	62,03%	59,43%
		27	38011,46	38,34	42,47	43,26			
		32	22879,21	35,93	40,90	41,23			
		37	16770,91	33,24	39,60	39,65			
	BQTerrace	22	185016,92	41,18	42,68	44,41	25,83%	22,50%	30,51%
		27	88795,78	36,83	40,60	42,67			
		32	50125,14	34,08	39,06	41,35			
		37	31557,98	31,26	37,96	40,42			
C	BasketballDrill	22	21836,29	41,68	43,77	44,39	21,55%	19,95%	19,42%
		27	12358,03	38,15	40,85	41,08			
		32	7301,71	34,98	38,50	38,55			
		37	4797,67	32,01	36,74	36,65			
	BQMall	22	25156,67	41,82	43,92	45,26	24,72%	20,33%	21,19%
		27	15423,01	38,64	41,39	42,51			
		32	9654,22	35,26	39,41	40,31			
		37	6234,57	31,78	37,82	38,64			
	PartyScene	22	44765,47	41,08	42,44	43,28	7,06%	6,06%	6,43%
		27	28166,96	36,81	39,20	39,95			
		32	17167,47	32,86	36,98	37,64			
		37	9846,33	28,97	35,42	36,03			
	RaceHorses	22	16191,65	42,31	43,19	44,15	21,00%	19,63%	21,39%
		27	9938,15	38,68	39,89	41,39			
		32	5936,09	35,02	37,60	39,29			
		37	3459,94	31,40	36,07	37,67			

<b>D</b>	<i>BasketballPass</i>	22	5854,65	42,45	44,85	44,77	24,84%	21,21%	19,04%
		27	3596,92	38,65	41,58	41,30			
		32	2165,10	34,93	39,11	38,75			
		37	1344,00	31,56	37,27	36,88			
	<i>BQSquare</i>	22	13388,07	41,25	43,19	44,12	7,49%	8,71%	10,33%
		27	8647,87	36,76	40,49	41,44			
		32	5458,85	32,86	38,84	39,66			
		37	3382,37	29,20	37,73	38,33			
	<i>BlowingBubbles</i>	22	11668,31	41,05	42,09	42,78	6,30%	5,98%	6,36%
		27	7279,58	36,67	38,93	39,42			
		32	4249,96	32,61	36,61	37,00			
		37	2332,90	28,90	34,94	35,30			
	<i>RaceHorses</i>	22	4723,82	42,34	42,90	43,87	15,49%	13,56%	14,94%
		27	2885,22	38,17	39,54	40,79			
		32	1656,40	34,25	37,21	38,36			
		37	950,45	30,82	35,47	36,53			
<b>E</b>	<i>FourPeople</i>	22	34073,73	43,55	46,64	47,67	42,18%	34,50%	37,34%
		27	21994,05	40,60	44,10	45,22			
		32	15069,66	37,29	42,07	43,21			
		37	11024,71	33,75	40,48	41,51			
	<i>Johnny</i>	22	24819,93	43,75	47,71	48,21	82,69%	81,27%	81,23%
		27	15686,09	41,15	45,43	46,08			
		32	10941,53	38,16	43,52	44,10			
		37	8225,66	34,95	41,93	42,28			
	<i>KristenAndSara</i>	22	26844,19	44,13	47,23	47,98	64,75%	60,82%	65,15%
		27	17614,87	41,44	44,79	45,57			
		32	12400,50	38,33	42,75	43,71			
		37	9372,30	34,89	41,19	41,89			
<b>F</b>	<i>BasketballDrillText</i>	22	23700,33	41,89	43,74	44,33	17,75%	15,40%	15,17%
		27	14161,62	38,29	40,59	40,84			
		32	8793,61	34,99	38,02	38,13			
		37	5862,19	31,80	36,05	36,08			
	<i>ChinaSpeed</i>	22	24422,20	44,57	46,41	46,79	22,23%	19,22%	18,42%
		27	16827,95	40,43	42,92	43,23			
		32	11553,96	36,35	40,31	40,45			
		37	8204,05	32,44	38,51	38,52			
	<i>SlideEditing</i>	22	34837,49	45,73	45,39	45,47	14,23%	7,24%	7,46%
		27	26409,64	41,22	40,99	41,20			
		32	20559,60	36,50	38,81	38,91			
		37	15873,15	31,68	37,67	37,26			
	<i>SlideShow</i>	22	6735,47	50,06	52,52	53,29	70,95%	66,63%	70,09%
		27	5102,88	46,15	48,91	49,97			
		32	4016,96	42,11	46,07	47,27			
		37	3255,82	38,12	43,98	45,28			

	BD-rate		
	Y	U	V
<b>Classe A</b>	46,9%	45,5%	48,4%
<b>Classe B</b>	43,6%	37,6%	39,1%
<b>Classe C</b>	18,6%	16,5%	17,1%
<b>Classe D</b>	13,5%	12,4%	12,7%
<b>Classe E</b>	63,2%	58,9%	61,2%
<b>Classe F</b>	31,3%	27,1%	27,8%
<b>GERAL</b>	<b>35,4%</b>	<b>32,1%</b>	<b>33,5%</b>



## B.4 Resultados Comparativos para Todos Tamanhos, Todos Modos e 8 SADs

Parâmetros de Codificação			Software Modificado				BD-rate (cubica por partes)		
Classe	Sequência	QP	Kbps	Y psnr	U psnr	V psnr	Y	U	V
A	Traffic	22	102023,41	43,34	42,89	44,73	0,50%	0,22%	0,15%
		27	57480,86	40,15	40,23	42,24			
		32	32808,71	37,10	38,35	40,46			
		37	18558,82	34,08	37,06	39,29			
	PeopleOnStreet	22	104870,80	43,25	45,54	45,28	0,51%	0,16%	0,18%
		27	60967,35	39,81	43,13	43,44			
		32	34867,16	36,68	41,13	41,77			
		37	20449,08	33,81	39,64	40,49			
	Nebuta	22	403131,82	42,22	40,89	40,34	0,17%	0,15%	0,12%
		27	248518,16	38,64	38,45	37,10			
		32	154279,48	34,74	36,86	35,64			
		37	81651,18	30,63	35,66	34,50			
	SteamLocomotive	22	100401,58	43,66	46,41	46,06	0,35%	-0,07%	-0,17%
		27	46372,42	41,30	45,59	45,35			
		32	26077,72	39,76	45,02	44,93			
		37	14534,52	38,06	44,53	44,51			
B	Kimono	22	22254,23	42,69	44,42	45,90	0,48%	0,14%	0,18%
		27	12166,61	41,00	42,57	43,59			
		32	6858,33	38,94	41,11	42,05			
		37	3828,93	36,50	40,07	41,16			
	ParkScene	22	52801,87	41,67	43,20	44,05	0,50%	0,01%	0,00%
		27	28627,43	38,58	40,57	41,31			
		32	14851,11	35,59	38,63	39,68			
		37	7307,64	32,77	37,36	38,83			
	Cactus	22	105394,09	40,56	41,65	44,13	0,43%	0,08%	0,11%
		27	48766,39	37,92	39,42	42,01			
		32	26405,18	35,68	38,32	40,28			
		37	14312,95	33,24	37,47	38,96			
	BasketballDrive	22	71156,32	41,24	44,38	45,96	0,51%	0,25%	0,19%
		27	29227,76	38,70	42,87	43,78			
		32	15276,06	36,94	41,48	41,86			
		37	8529,06	34,96	40,35	40,39			
	BQTerrace	22	180172,02	42,35	42,68	44,43	0,22%	-0,08%	-0,11%
		27	79357,81	37,08	40,74	42,93			
		32	40376,46	34,46	39,27	41,69			
		37	21798,59	32,00	38,26	40,76			
C	BasketballDrill	22	20842,18	41,76	43,82	44,44	0,42%	0,21%	0,26%
		27	11328,25	38,36	41,03	41,27			
		32	6088,82	35,39	38,80	38,85			
		37	3365,74	32,75	37,17	37,06			
	BQMall	22	23410,18	41,91	44,01	45,42	0,48%	0,12%	0,11%
		27	13995,59	39,01	41,61	42,77			
		32	8240,97	35,95	39,68	40,65			
		37	4707,30	32,86	38,25	39,14			
	PartyScene	22	43936,28	41,07	42,47	43,33	0,32%	0,17%	0,15%
		27	27277,82	36,86	39,26	40,03			
		32	16268,47	33,05	37,07	37,74			
		37	8821,61	29,36	35,54	36,18			
	RaceHorses	22	15011,03	42,28	43,46	44,30	0,39%	0,18%	0,26%
		27	9012,89	38,90	40,16	41,58			
		32	5116,62	35,48	37,82	39,64			
		37	2579,67	32,10	36,38	38,17			

<b>D</b>	<i>BasketballPass</i>	22	5516,38	42,66	44,99	44,88	0,49%	0,24%	0,24%
		27	3261,14	39,08	41,88	41,55			
		32	1848,49	35,68	39,50	39,02			
		37	1016,38	32,53	37,87	37,21			
	<i>BQSquare</i>	22	13031,37	41,21	43,23	44,19	0,24%	0,13%	0,10%
		27	8264,68	36,80	40,59	41,62			
		32	5086,21	33,00	38,98	39,85			
		37	3022,97	29,44	37,92	38,59			
	<i>BlowingBubbles</i>	22	11469,54	41,02	42,12	42,83	0,34%	0,13%	0,09%
		27	7082,59	36,71	38,98	39,49			
		32	4031,72	32,73	36,69	37,11			
		37	2076,38	29,19	35,11	35,52			
	<i>RaceHorses</i>	22	4466,81	42,40	43,03	43,91	0,49%	0,24%	0,32%
		27	2689,94	38,39	39,64	40,91			
		32	1478,67	34,56	37,37	38,61			
		37	746,08	31,26	35,78	36,90			
<b>E</b>	<i>FourPeople</i>	22	30281,28	43,79	46,81	47,93	0,56%	0,27%	0,31%
		27	18574,24	41,22	44,48	45,71			
		32	11432,47	38,34	42,50	43,69			
		37	6953,43	35,24	41,12	42,20			
	<i>Johnny</i>	22	20183,80	44,04	48,08	48,62	0,60%	0,19%	0,22%
		27	11263,24	41,83	46,19	46,75			
		32	6444,70	39,48	44,34	44,91			
		37	3724,70	36,88	42,82	43,31			
	<i>KristenAndSara</i>	22	22223,97	44,41	47,50	48,32	0,56%	0,24%	0,35%
		27	13289,37	42,09	45,42	46,32			
		32	8055,62	39,45	43,47	44,44			
		37	4880,85	36,54	42,05	42,93			
<b>F</b>	<i>BasketballDrillText</i>	22	22756,18	41,98	43,79	44,38	0,36%	0,16%	0,22%
		27	13168,18	38,52	40,75	41,02			
		32	7627,04	35,42	38,27	38,38			
		37	4488,92	32,51	36,37	36,39			
	<i>ChinaSpeed</i>	22	22710,36	44,91	46,64	47,04	-0,50%	-0,30%	-0,46%
		27	15123,14	40,99	43,28	43,58			
		32	9849,41	37,23	40,71	40,78			
		37	6419,31	33,63	38,98	38,87			
	<i>SlideEditing</i>	22	33277,78	46,67	45,55	45,62	-0,83%	-0,50%	-0,41%
		27	24884,57	42,31	41,13	41,32			
		32	18977,71	37,81	38,90	39,03			
		37	14254,71	33,04	37,81	37,39			
	<i>SlideShow</i>	22	5181,84	50,78	53,22	54,16	0,20%	0,21%	0,28%
		27	3526,98	47,12	49,74	50,84			
		32	2418,24	43,44	46,99	48,28			
		37	1627,15	39,48	44,84	46,03			

	BD-rate		
	Y	U	V
<b>Classe A</b>	0,4%	0,1%	0,1%
<b>Classe B</b>	0,4%	0,1%	0,1%
<b>Classe C</b>	0,4%	0,2%	0,2%
<b>Classe D</b>	0,4%	0,2%	0,2%
<b>Classe E</b>	0,6%	0,2%	0,3%
<b>Classe F</b>	-0,2%	-0,1%	-0,1%
<b>GERAL</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,1%</b>

## **Apêndice C – Cálculo dos Valores de Deslocamento para Todos Modos de Predição Angulares**

Toda amostra predita por um modo angular tem seu valor obtido através da interpolação de duas amostras de referência. Como cada modo tem um ângulo diferente para extrapolação de amostras, o valor  $i$  definido pelas equações (14-15) deve ser utilizado para determinar quais amostras de referência devem ser utilizadas para o cálculo de uma amostra predita. Além disso, o valor  $f$  definido pelas equações (16-17) deve ser utilizado para determinar qual peso entre 0 e 31 deve ser atribuído às amostras de referência na interpolação definida pelas equações (12-13).

Este apêndice mostra o cálculo dos valores  $i$  e  $f$  para todas as posições de  $x$  e  $y$  de todos os 33 modos de predição angulares. Estes valores foram utilizados para o desenvolvimento de unidades de predição especializadas, onde os valores de  $i$  controlam os acessos aos *arrays* de referência destas unidades, e os valores de  $f$  determinam o peso de cada amostra por meio de somas e deslocamentos.

## C.1 Cálculo dos Valores

**Modos 2 e 34 (A = 32)**

x/y	i	f
0	1	0
1	2	0
2	3	0
3	4	0
4	5	0
5	6	0
6	7	0
7	8	0
8	9	0
9	10	0
10	11	0
11	12	0
12	13	0
13	14	0
14	15	0
15	16	0
16	17	0
17	18	0
18	19	0
19	20	0
20	21	0
21	22	0
22	23	0
23	24	0
24	25	0
25	26	0
26	27	0
27	28	0
28	29	0
29	30	0
30	31	0
31	32	0

**Modos 3 e 33 (A = 26)**

x/y	i	f
0	0	26
1	1	20
2	2	14
3	3	8
4	4	2
5	4	28
6	5	22
7	6	16
8	7	10
9	8	4
10	8	30
11	9	24
12	10	18
13	11	12
14	12	6
15	13	0
16	13	26
17	14	20
18	15	14
19	16	8
20	17	2
21	17	28
22	18	22
23	19	16
24	20	10
25	21	4
26	21	30
27	22	24
28	23	18
29	24	12
30	25	6
31	26	0

**Modos 4 e 32 (A = 21)**

x/y	i	f
0	0	21
1	1	10
2	1	31
3	2	20
4	3	9
5	3	30
6	4	19
7	5	8
8	5	29
9	6	18
10	7	7
11	7	28
12	8	17
13	9	6
14	9	27
15	10	16
16	11	5
17	11	26
18	12	15
19	13	4
20	13	25
21	14	14
22	15	3
23	15	24
24	16	13
25	17	2
26	17	23
27	18	12
28	19	1
29	19	22
30	20	11
31	21	0

**Modos 5 e 31 (A = 17)**

x/y	i	f
0	0	17
1	1	2
2	1	19
3	2	4
4	2	21
5	3	6
6	3	23
7	4	8
8	4	25
9	5	10
10	5	27
11	6	12
12	6	29
13	7	14
14	7	31
15	8	16
16	9	1
17	9	18
18	10	3
19	10	20
20	11	5
21	11	22
22	12	7
23	12	24
24	13	9
25	13	26
26	14	11
27	14	28
28	15	13
29	15	30
30	16	15
31	17	0

**Modos 6 e 30 (A = 13)**

x/y	i	f
0	0	13
1	0	26
2	1	7
3	1	20
4	2	1
5	2	14
6	2	27
7	3	8
8	3	21
9	4	2
10	4	15
11	4	28
12	5	9
13	5	22
14	6	3
15	6	16
16	6	29
17	7	10
18	7	23
19	8	4
20	8	17
21	8	30
22	9	11
23	9	24
24	10	5
25	10	18
26	10	31
27	11	12
28	11	25
29	12	6
30	12	19
31	13	0

**MODOS 7 e 29 (A = 9)**

x/y	i	f
0	0	9
1	0	18
2	0	27
3	1	4
4	1	13
5	1	22
6	1	31
7	2	8
8	2	17
9	2	26
10	3	3
11	3	12
12	3	21
13	3	30
14	4	7
15	4	16
16	4	25
17	5	2
18	5	11
19	5	20
20	5	29
21	6	6
22	6	15
23	6	24
24	7	1
25	7	10
26	7	19
27	7	28
28	8	5
29	8	14
30	8	23
31	9	0

**Modos 8 e 28 (A = 5)**

x/y	i	f
0	0	5
1	0	10
2	0	15
3	0	20
4	0	25
5	0	30
6	1	3
7	1	8
8	1	13
9	1	18
10	1	23
11	1	28
12	2	1
13	2	6
14	2	11
15	2	16
16	2	21
17	2	26
18	2	31
19	3	4
20	3	9
21	3	14
22	3	19
23	3	24
24	3	29
25	4	2
26	4	7
27	4	12
28	4	17
29	4	22
30	4	27
31	5	0

**Modos 9 e 27 (A = 2)**

x/y	i	f
0	0	2
1	0	4
2	0	6
3	0	8
4	0	10
5	0	12
6	0	14
7	0	16
8	0	18
9	0	20
10	0	22
11	0	24
12	0	26
13	0	28
14	0	30
15	1	0
16	1	2
17	1	4
18	1	6
19	1	8
20	1	10
21	1	12
22	1	14
23	1	16
24	1	18
25	1	20
26	1	22
27	1	24
28	1	26
29	1	28
30	1	30
31	2	0

**Modos 10 e 26 (A = 0)**

x/y	i	f
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0
24	0	0
25	0	0
26	0	0
27	0	0
28	0	0
29	0	0
30	0	0
31	0	0

**Modos 11 e 25 (A = -2)**

x/y	i	f
0	-1	30
1	-1	28
2	-1	26
3	-1	24
4	-1	22
5	-1	20
6	-1	18
7	-1	16
8	-1	14
9	-1	12
10	-1	10
11	-1	8
12	-1	6
13	-1	4
14	-1	2
15	-1	0
16	-2	30
17	-2	28
18	-2	26
19	-2	24
20	-2	22
21	-2	20
22	-2	18
23	-2	16
24	-2	14
25	-2	12
26	-2	10
27	-2	8
28	-2	6
29	-2	4
30	-2	2
31	-2	0

**Modos 12 e 24 (A = -5)**

x/y	i	f
0	-1	27
1	-1	22
2	-1	17
3	-1	12
4	-1	7
5	-1	2
6	-2	29
7	-2	24
8	-2	19
9	-2	14
10	-2	9
11	-2	4
12	-3	31
13	-3	26
14	-3	21
15	-3	16
16	-3	11
17	-3	6
18	-3	1
19	-4	28
20	-4	23
21	-4	18
22	-4	13
23	-4	8
24	-4	3
25	-5	30
26	-5	25
27	-5	20
28	-5	15
29	-5	10
30	-5	5
31	-5	0

**Modos 13 e 23 (A = -9)**

x/y	i	f
0	-1	23
1	-1	14
2	-1	5
3	-2	28
4	-2	19
5	-2	10
6	-2	1
7	-3	24
8	-3	15
9	-3	6
10	-4	29
11	-4	20
12	-4	11
13	-4	2
14	-5	25
15	-5	16
16	-5	7
17	-6	30
18	-6	21
19	-6	12
20	-6	3
21	-7	26
22	-7	17
23	-7	8
24	-8	31
25	-8	22
26	-8	13
27	-8	4
28	-9	27
29	-9	18
30	-9	9
31	-9	0

**Modos 14 e 22 (A = -13)**

x/y	i	f
0	-1	19
1	-1	6
2	-2	25
3	-2	12
4	-3	31
5	-3	18
6	-3	5
7	-4	24
8	-4	11
9	-5	30
10	-5	17
11	-5	4
12	-6	23
13	-6	10
14	-7	29
15	-7	16
16	-7	3
17	-8	22
18	-8	9
19	-9	28
20	-9	15
21	-9	2
22	-10	21
23	-10	8
24	-11	27
25	-11	14
26	-11	1
27	-12	20
28	-12	7
29	-13	26
30	-13	13
31	-13	0

**Modos 15 e 21 (A = -17)**

x/y	i	f
0	-1	15
1	-2	30
2	-2	13
3	-3	28
4	-3	11
5	-4	26
6	-4	9
7	-5	24
8	-5	7
9	-6	22
10	-6	5
11	-7	20
12	-7	3
13	-8	18
14	-8	1
15	-9	16
16	-10	31
17	-10	14
18	-11	29
19	-11	12
20	-12	27
21	-12	10
22	-13	25
23	-13	8
24	-14	23
25	-14	6
26	-15	21
27	-15	4
28	-16	19
29	-16	2
30	-17	17
31	-17	0

**Modos 16 e 20 (A = -21)**

x/y	i	f
0	-1	11
1	-2	22
2	-2	1
3	-3	12
4	-4	23
5	-4	2
6	-5	13
7	-6	24
8	-6	3
9	-7	14
10	-8	25
11	-8	4
12	-9	15
13	-10	26
14	-10	5
15	-11	16
16	-12	27
17	-12	6
18	-13	17
19	-14	28
20	-14	7
21	-15	18
22	-16	29
23	-16	8
24	-17	19
25	-18	30
26	-18	9
27	-19	20
28	-20	31
29	-20	10
30	-21	21
31	-21	0

**Modos 17 e 19 (A = -26)**

x/y	i	f
0	-1	6
1	-2	12
2	-3	18
3	-4	24
4	-5	30
5	-5	4
6	-6	10
7	-7	16
8	-8	22
9	-9	28
10	-9	2
11	-10	8
12	-11	14
13	-12	20
14	-13	26
15	-13	0
16	-14	6
17	-15	12
18	-16	18
19	-17	24
20	-18	30
21	-18	4
22	-19	10
23	-20	16
24	-21	22
25	-22	28
26	-22	2
27	-23	8
28	-24	14
29	-25	20
30	-26	26
31	-26	0

**Modo 18 (A = -32)**

x/y	i	f
0	-1	0
1	-2	0
2	-3	0
3	-4	0
4	-5	0
5	-6	0
6	-7	0
7	-8	0
8	-9	0
9	-10	0
10	-11	0
11	-12	0
12	-13	0
13	-14	0
14	-15	0
15	-16	0
16	-17	0
17	-18	0
18	-19	0
19	-20	0
20	-21	0
21	-22	0
22	-23	0
23	-24	0
24	-25	0
25	-26	0
26	-27	0
27	-28	0
28	-29	0
29	-30	0
30	-31	0
31	-32	0